

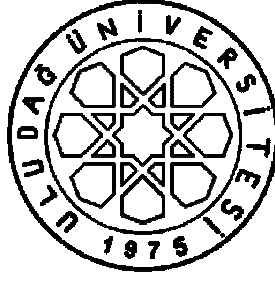
T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATMOSFERİK POLİKLORLU BİFENİLLERİN ISLAK VE KURU
ÇÖKELME MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Manolya KANDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA, 2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATMOSFERİK POLİKLORLU BİFENİLLERİN ISLAK VE KURU
ÇÖKELME MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Manolya KANDEMİR

Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA, 2010

ÖZET

Bu çalışmada, çok klorlu bifenillerin (PCB) Bursa atmosferindeki konsantrasyonları, gaz ve partikül faz ıslak ve kuru çökeltme akıları belirlenmiştir. Akı ve konsantrasyon örnekleri, Haziran 2008 ile Temmuz 2009 tarihleri arasında farklı bölgesel özelliklere sahip dört örnekleme noktasından toplanmıştır. Su yüzeyi örnekleme noktası (SYÖ) ile kuru çökeltme örnekleri ve modifiye edilmiş ıslak-kuru çökeltme örnekleme noktası (İKÇÖ) ile hem kuru hem de ıslak çökeltme örnekleri toplanmıştır. Örneklerde 82 PCB türü araştırılmış olup BUTAL, Uludağ Üniversitesi, Mudanya ve Yavuz Selim örnekleme bölgeleri için SYÖ ile belirlenen \sum PCB kuru çökeltme akıları (partikül faz) sırasıyla 280 ± 360 ng/m²gün, 450 ± 385 ng/m²gün, 125 ± 160 ng/m²gün ve 141 ± 142 ng/m²gün, hava-su geçiş akısı ise 410 ± 390 ng/m²gün, 535 ± 370 ng/m²gün, 120 ± 90 ng/m²gün ve 245 ± 380 ng/m²gün seviyelerindedir. SYÖ ile sadece havadan suya geçiş akısı belirlenebilmekte olup elde edilen akı değerleri maksimum akı değerlerini vermektedir. İKÇÖ ile belirlenen kuru çökeltme akı değerleri ise doğada gerçekleşen net akı değerlerini vermekte olup partikül faz kuru çökeltme akı değerleri BUTAL, Uludağ Üniversitesi, Mudanya ve Yavuz Selim örnekleme bölgeleri için sırasıyla 18 ± 10 ng/m²gün, 32 ± 21 ng/m²gün, 21 ± 20 ng/m²gün ve $5,5 \pm 2,5$ ng/m²gün seviyelerinde bulunmuştur. Örnekleme noktalarının farklı toplama mekanizmalarına sahip olmaları farklı PCB türlerinin toplanmasına ve dolayısıyla farklı akı değerlerinin elde edilmesine neden olmuştur. İKÇÖ ile belirlenen ıslak çökeltme akıları BUTAL, Uludağ Üniversitesi, Mudanya ve Yavuz Selim örnekleme bölgeleri için sırasıyla çözünmüş fazda 480 ± 1.185 ng/m²gün, 141 ± 132 ng/m²gün, 145 ± 130 ng/m²gün ve 410 ± 645 ng/m²gün ve partikül fazda 475 ± 1.000 ng/m²gün, 136 ± 160 ng/m²gün, 195 ± 270 ng/m²gün ve 390 ± 910 ng/m²gün olarak belirlenmiştir. Bu değerleri literatürdeki değerlerden yüksek olmakla birlikte aradaki fark bu çalışmada ıslak çökeltme akıları hesaplanırken net yağış sürelerinin kullanılmasından ileri gelmektedir. Literatürdeki çalışmalarda olduğu gibi toplam örnekleme sürelerinin kullanılması durumunda literatür ile benzer değerlerin elde edildiği belirlenmiştir. Bu benzerlik ile bu çalışma net yağış sürelerinin hesaplanarak ıslak çökeltme akı değerlerinin belirlendiği ilk çalışma olmuştur.

Anahtar Kelimeler: poliklorlu bifeniller (PCB'ler), ıslak ve kuru çökeltme akıları, ıslak-kuru çökeltme örnekleme noktası (İKÇÖ), Bursa

ABSTRACT

In this study, concentrations, wet and dry deposition fluxes of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the atmosphere of Bursa were determined. Samples of fluxes and concentrations have been collected between June 2008 and July 2009 from four sampling points with different regional characteristics. Dry deposition samples were collected with water surface sampler (WSS) while dry and wet deposition samples were collected with a modified wet-dry deposition sampler (WDDS). In samples 82 PCB congeners were investigated and for BUTAL, Uludag University, Mudanya and Yavuz Selim sampling areas Σ PCB dry deposition fluxes (particulate phase) measured by WSS were determined as, respectively, 280 ± 360 ng/m²-day, 450 ± 385 ng/m²-day, 125 ± 160 ng/m²-day and 141 ± 142 ng/m²-day, and the air-water fluxes (dissolved phase) were 410 ± 390 ng/m²-day, 535 ± 370 ng/m²-day, 120 ± 90 ng/m²-day and 245 ± 380 ng/m²-day. But, WDDS expresses the net deposition flux values occurred in nature, and the particle phase dry deposition flux values at BUTAL, Uludag University, Mudanya and Yavuz Selim sampling regions, were found as, respectively 18 ± 10 ng/m²-day, 21 ± 205 ng/m²-day, 32 ± 21 ng/m²-day and 5.5 ± 2.5 ng/m²-day. With WSS only transition from air to water can be determined and the fluxes obtained are given the maximum flux values. Samplers have different collection mechanisms so different types of PCBs were collected and thus it caused to obtain different flux values. Wet deposition fluxes determined by WDDS for BUTAL, Uludag University Mudanya, and Yavuz Selim sampling regions at dissolved phase were, respectively, $480 \pm 1,185$ ng/m²-day, 141 ± 132 ng/m²-day, 145 ± 130 ng/m²-day and 410 ± 645 ng/m²-day and at particle phase $475 \pm 1,000$ ng/m²-day, 136 ± 160 ng/m²-day, 195 ± 270 ng/m²-day and 390 ± 910 ng/m²-day. Although these values are higher than the values in the literature, the difference among the wet deposition fluxes is due to the use of net rainfall periods while calculating. As in the literature studies if the total sampling times were used in the case of net rainfall periods, it was determined the literature values were similar with obtained in this study. With this similarity, this study, calculated the net rainfall for the wet deposition, was one of the first studies in which net rainfall periods were used to determine the flux value.

Key Words: polychlorinated biphenyls (PCBs), wet and dry deposition fluxes, wet-dry deposition sampler (WDDS), Bursa

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. PCB'ler ve Genel Özellikleri.....	4
2.2. PCB'lerin Etkileri.....	5
2.3. PCB'lerin Kaynakları.....	7
2.4. PCB'lerin Atmosferik Konsantrasyonları.....	8
2.5. PCB'lerin Çökmesi.....	9
2.5.1. Kuru çökme.....	9
2.5.2. Islak çökme.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	14
3.1. Örnekleme Bölgeleri ve Meteorolojik Veriler.....	14
3.1.1. BUTAL örnekleme bölgesi ve meteorolojik verileri.....	14
3.1.2. Uludağ Üniversitesi (UÜ) örnekleme bölgesi ve meteorolojik verileri.....	17
3.1.3. Mudanya örnekleme bölgesi ve meteorolojik verileri.....	19
3.1.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi.....	21
3.2. Örnekleme Yöntemleri.....	23
3.2.1. Yüksek hacimli hava örnekleme yöntemi (YHHÖ).....	23
3.2.2. Su Yüzeyi Örnekleme Yöntemi (SYÖ).....	24
3.2.3. Islak-Kuru Çökme Örnekleme Yöntemi (IKÇÖ).....	26
3.3. Temizleme Prosedürü.....	37
3.4. PCB Analizi.....	38
3.4.1. Örnek ekstraksiyonu.....	38
3.4.2. Hacim azaltma.....	38
3.4.3. Fraksiyonlarına Ayırma ve Temizleme.....	39
3.4.4. Gaz kromatograf-mikro elektron yakalama dedektörü (GC- μ ECD) analizi.....	41
3.5 Kalite Kontrol ve Kalite Güvenirliği.....	41
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	43
4.1. YHHÖ ile Belirlenen Atmosferik Konsantrasyonlar.....	43
4.1.1. BUTAL örnekleme bölgesi.....	43

4.1.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi.....	44
4.1.3. Mudanya örnekleme bölgesi.....	45
4.1.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi.....	47
4.1.5. YHHÖ ile belirlenen atmosferik konsantrasyonların ortak değerlendirilmesi.....	49
4.2. SYÖ ile Belirlenen Kuru Çökelme Akıları ve Hava-Su Geçiş Akıları....	49
4.2.1. BUTAL örnekleme bölgesi.....	50
4.2.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi.....	56
4.2.3. Mudanya örnekleme bölgesi.....	63
4.2.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi.....	69
4.2.5. SYÖ ile belirlenen kuru çökelme akılarının ortak değerlendirilmesi.....	76
4.3. IKÇÖ ile Belirlenen Kuru Çökelme Akısı.....	78
4.3.1. BUTAL örnekleme bölgesi.....	78
4.3.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi.....	83
4.3.3. Mudanya örnekleme bölgesi.....	87
4.3.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi.....	92
4.3.5. IKÇÖ ile belirlenen kuru çökelme akılarının ortak değerlendirmesi.....	96
4.4. IKÇÖ ile Belirlenen Islak Çökelme Akıları.....	98
4.4.1. BUTAL örnekleme bölgesi.....	98
4.4.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi.....	108
4.4.3. Mudanya örnekleme bölgesi.....	117
4.4.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi.....	124
4.4.5. IKÇÖ ile belirlenen ıslak çökelme akılarının ortak değerlendirilmesi.....	133
5. SONUÇLAR	135
KAYNAKLAR.....	138
TEŞEKKÜR.....	144
ÖZGEÇMİŞ.....	145

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

V_d	Kuru çökelme hızı
KTK	Kütle transfer katsayısı
W	Yıkanma oranı
C	Konsantrasyon
\forall	Hacim
F	Akı

Açıklama

Kısaltmalar

PCB	Poliklorlu bifenil
PAH	Poliaromat hidrokarbon
YHHÖ	Yüksek Hacimli Hava Örnekleyicisi
SYÖ	Su Yüzeyi Örnekleyicisi
İKÇÖ	Islak-Kuru Çökelme Örnekleyicisi
BUTAL	Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı-TÜBİTAK
UÜ	Uludağ Üniversitesi
YS	Yavuz Selim
KOK	Kalıcı organik kirletici
CB	Klorobifenil
part	Partikül
PCB# x (x:sayı)	x nolu PCB türü
vb.	ve benzeri

Açıklama

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Klor Dağılımına Göre İzomer Sayısı	4
Çizelge 2.2. Bazı Bölgelere Ait Atmosferik Konsantrasyon Değerleri.....	10
Çizelge 2.3. Bazı Bölgelerde Elde Edilen Kuru Çökelme Akı Değerleri.....	11
Çizelge 2.4. Literatürde SYÖ ile Elde Edilen Kuru Çökelme Akıları.....	11
Çizelge 2.5. Bazı Bölgelerde Elde Edilen Islak Çökelme Akı Değerleri.....	13
Çizelge 3.1. BUTAL Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler.....	16
Çizelge 3.2. Uludağ Üniversitesi Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler.....	18
Çizelge 3.3. Mudanya Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler.....	21
Çizelge 3.4. Yavuz Selim Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler.....	23
Çizelge 4.1. BUTAL Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi.....	43
Çizelge 4.2. Uludağ Üniversitesi Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi.....	45
Çizelge 4.3. Mudanya Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi.....	47
Çizelge 4.4. Yavuz Selim Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 PCB'lerin Genel Yapısı.....	4
Şekil 3.1 BUTAL Örnekleme Bölgesi.....	15
Şekil 3.2 BUTAL Örnekleme Noktası.....	16
Şekil 3.3 Uludağ Üniversitesi Örnekleme Bölgesi.....	17
Şekil 3.4 Uludağ Üniversitesi Örnekleme Noktası.....	18
Şekil 3.5 Mudanya Örnekleme Bölgesi.....	19
Şekil 3.6 Mudanya Örnekleme Noktası.....	20
Şekil 3.7 Mudanya Örnekleme Noktası.....	20
Şekil 3.8 Yavuz Selim Örnekleme Bölgesi.....	22
Şekil 3.9 Yavuz Selim Örnekleme Noktası.....	22
Şekil 3.10 Yüksek Hacimli Hava Örnekleycisi (YHHÖ) Şematik Gösterimi.....	24
Şekil 3.11 Su Yüzeysel Örnekleycisi (SYÖ) Şematik Gösterimi.....	26
Şekil 3.12 Islak-Kuru Çökeltme Örnekleycisi (İKÇÖ) Şematik Gösterimi.....	28
Şekil 3.13 İKÇÖ'nin Önden (Kuru Çökeltme Haznesi Kapalı) Görünüşü.....	30
Şekil 3.14 İKÇÖ'nin Önden (Islak Çökeltme Haznesi Kapalı) Görünüşü.....	31
Şekil 3.15 İKÇÖ'nin Yandan Görünüşü.....	31
Şekil 3.16 İKÇÖ Hazne Girişlerinin ve Hareketli Kapağın Görünüşü.....	32
Şekil 3.17 İKÇÖ Haznelerinin ve Hareketli Kapağın Üstten Görünüşü.....	32
Şekil 3.18 İKÇÖ Kuru Çökeltme Haznesinin Görünüşü.....	33
Şekil 3.19 İKÇÖ Islak Çökeltme Haznesinin Görünüşü.....	33
Şekil 3.20 İKÇÖ'nin Önden Görünüşü (İç Detaylar).....	34
Şekil 3.21 İKÇÖ'deki İç Sistemlerinin Görünüşü.....	35
Şekil 3.22 Islak çökeltme haznesi çıkışı ve su haznesi.....	35
Şekil 3.23 Filtre tutucu.....	36
Şekil 3.24 Reçine Kolonu.....	36
Şekil 3.25 Yağmur Suyu Bidonu.....	36
Şekil 3.26 Temizleme Kolonu.....	39
Şekil 4.1 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi.....	50
Şekil 4.2 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Türlerine Göre Değişimi.....	51
Şekil 4.3 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Konsantrasyonların Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	52
Şekil 4.4 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	52
Şekil 4.5 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Örnekleme Tarihlerine Göre Değişimi.....	54
Şekil 4.6 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi.....	54
Şekil 4.7 BUTAL Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği.....	55

	Sayfa
Şekil 4.8 BUTAL Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği.....	55
Şekil 4.9 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	56
Şekil 4.10 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi.....	57
Şekil 4.11 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Türlerine Göre Değişimi.....	58
Şekil 4.12 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akıları ve Konsantrasyonların Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	59
Şekil 4.13 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	59
Şekil 4.14 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Örnekleme Periyoduna Göre Değişimi.....	61
Şekil 4.15 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi.....	61
Şekil 4.16 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği.....	62
Şekil 4.17 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği..	62
Şekil 4.18 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	63
Şekil 4.19 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi.....	64
Şekil 4.20 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Türlerine Göre Değişimi.....	64
Şekil 4.21 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının ve Konsantrasyonların Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	65
Şekil 4.22 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	66
Şekil 4.23 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Örnekleme Periyoduna Göre Değişimi.....	67
Şekil 4.24 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi.....	67
Şekil 4.25 Mudanya Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği.....	68
Şekil 4.26 Mudanya Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği.....	69
Şekil 4.27 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	69
Şekil 4.28 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi.....	70
Şekil 4.29 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Türlerine Göre Değişimi.....	71
Şekil 4.30 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının ve Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	72
Şekil 4.31 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	72
Şekil 4.32 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Örnekleme Periyoduna Göre Değişimi.....	73

	Sayfa
Şekil 4.33 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi.....	74
Şekil 4.34 Yavuz Selim Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği.....	74
Şekil 4.35 Yavuz Selim Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği.....	75
Şekil 4.36 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	75
Şekil 4.37 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	79
Şekil 4.38 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Türlerine Göre Değişimi.....	80
Şekil 4.39 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	80
Şekil 4.40 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi.....	81
Şekil 4.41 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	82
Şekil 4.42 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	84
Şekil 4.43 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Kuru Çökelme Akılarının PCB Türlerine Göre Değişimi.....	85
Şekil 4.44 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	85
Şekil 4.45 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Kuru Çökelme Hızlarının PCB Türlerine Göre Değişimi.....	86
Şekil 4.46 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	87
Şekil 4.47 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	88
Şekil 4.48 Mudanya Bölgesine ait Kuru Çökelme Akılarının PCB Türlerine Göre Değişimi.....	89
Şekil 4.49 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	90
Şekil 4.50 Mudanya Bölgesine ait Kuru Çökelme Hızlarının PCB Türlerine Göre Değişimi.....	91
Şekil 4.51 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	92
Şekil 4.52 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	93
Şekil 4.53 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Türlerine Göre Değişimi.....	94
Şekil 4.54 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	95
Şekil 4.55 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi.....	95
Şekil 4.56 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökelme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi.....	96

	Sayfa
Şekil 4.57 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	100
Şekil 4.58 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Yüzde Partikül/Gaz Faz Dağılımı.....	101
Şekil 4.59 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	101
Şekil 4.60 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	102
Şekil 4.61 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	103
Şekil 4.62 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	104
Şekil 4.63 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	105
Şekil 4.64 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki Konsantrasyonlarının PCB Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	105
Şekil 4.65 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	106
Şekil 4.66 BUTAL Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının PCB Homolog Gruplarına Göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	106
Şekil 4.67 BUTAL Bölgesine ait Yıkama Oranlarının PCB Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	107
Şekil 4.68 BUTAL Bölgesine ait Yıkama Oranlarının PCB Homolog Gruplarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	108
Şekil 4.69 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	109
Şekil 4.70 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	109
Şekil 4.71 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	110
Şekil 4.72 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	111
Şekil 4.73 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	111
Şekil 4.74 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	112
Şekil 4.75 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	113
Şekil 4.76 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	114
Şekil 4.77 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	114

	Sayfa
Şekil 4.78 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	115
Şekil 4.79 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	115
Şekil 4.80 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	116
Şekil 4.81 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	117
Şekil 4.82 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	118
Şekil 4.83 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	119
Şekil 4.84 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	119
Şekil 4.85 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	120
Şekil 4.86 Mudanya Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	121
Şekil 4.87 Mudanya Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	121
Şekil 4.88 Mudanya Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	122
Şekil 4.89 Mudanya Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	123
Şekil 4.90 Mudanya Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	123
Şekil 4.91 Mudanya Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	124
Şekil 4.92 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi.....	126
Şekil 4.93 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	126
Şekil 4.94 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	127
Şekil 4.95 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	127
Şekil 4.96 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	128
Şekil 4.97 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	129
Şekil 4.98 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	130
Şekil 4.99 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıplarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	130
Şekil 4.100 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	131

	Sayfa
Şekil 4.101 Yavuz Selim Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	131
Şekil 4.102 Yavuz Selim Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	132
Şekil 4.103 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı.....	133

1. GİRİŞ

Hava kirliliğinin, doğal kaynaklar (orman yangınları, volkanik faaliyetler büyük çöl alanlarından rüzgârlarla atmosfere taşınım, vb.) ve büyük oranda antropojenik kaynaklardan (ısınma, ulaşım, sanayi, vb.) meydana geldiği bilinmektedir. Isınma ve ulaşımdan kaynaklanan kirlilikleri önleme yöntemleri ve yeni enerji kaynakları bulmak daha kolay olmasına rağmen sanayide kullanılan ürünler için bu durumun uygulanabilirliği, ham madde temini veya ekonomik nedenlerden dolayı daha zor olabilmektedir. Poliklorlu bifeniller de (PCB'ler) sanayide kullanılmak üzere üretilmiş (1930'lar) ancak sağlık üzerindeki olumsuz etkileri anlaşıldığında kullanımı yasaklanmış (1970'ler) olan ve doğada kalıcı kirlilik yaratan organik bir kirletici türüdür.

Kalıcı organik kirleticilerden (KOK'lar) biri olan PCB'ler tamamen antropojenik faaliyetler sonucunda doğrudan doğaya salınmıştır. PCB'lerin dünya çapındaki kullanımları yasaklanmış olmasına rağmen transformatörler ve kapasitörlerden veya çöp deponi sahaları gibi kirlenmiş bölgelerden buharlaşma yoluyla ve atık yakma gibi nedenlerle dolaylı olarak halen atmosfere salınımları olabilmektedir (Taşdemir ve ark. 2004, Bozlaker ve ark. 2008). Ayrıca PCB'lerin uzun yarılanma ömürleri; kalıcı olmalarına, biyolojik olarak birikmelerine, toksik etkilerinin görülmesine ve uzak mesafelere taşınmalarına sebep olmaktadır. Bu özellikleri, yalnızca kirlenen bölgede değil atmosferik veya yüzeysel ve yeraltı sularıyla taşınarak küresel bazda etkili olmalarına neden olmaktadır.

PCB'ler besin zincirinde birikerek organizmalarda yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmeleri ve yüksek oranda toksik olmaları dolayısıyla insan ve çevre sağlığına zarar vermektedir. Olumsuz etkilerini önleyebilmek amacıyla PCB'lerin üretimi gelişmiş ülkelerde yasaklanmıştır. Bu yasaklamaya rağmen son zamanlarda yapılan çalışmalarda halen dünyanın birçok bölgesinde belirli seviyelerde atmosfer, yüzeysel sular, toprak ve canlı dokuları gibi farklı ortamlarda (Cok ve ark. 2007, Fuoco ve ark. 2009, Garcia-Flor ve ark. 2009, Meijer ve ark. 2009) ve hatta üretimi ve kullanımı olmayan bölgelerde (kutuplar gibi) yaşayan canlılarda (Barrie ve ark.1992, Lim ve ark. 2006) bile PCB konsantrasyonlarına rastlanmıştır.

Antropojenik faaliyetler sonucunda buharlaşarak ya da kullanım sırasında atmosfere ulaşan PCB'ler, yeryüzüne tekrar inmelerine neden olan kuru çökeltme, hava-su arakesitinde geçiş ya da ıslak çökeltme mekanizmaları ile atmosferden uzaklaşmalarını sağlayan bir döngü içerisinde yer almaktadırlar. Kirleticilerin bu döngü içerisinde bulunma süreleri yarılanma ömürlerine bağılı olarak değişiklik göstermektedir.

PCB'ler atmosferde hem gaz hem de partikül fazda bulunabilmektedirler ve gaz/partikül dağılım dengesi ortam sıcaklığı, buhar basıncı ve toplam askıdaki partiküllerin konsantrasyonuna bağılı olarak değişim göstermektedir (Pankow 1994). PCB'ler doğal bir temizlenme mekanizması olan atmosferik çökeltme yolu ile diğer ortamlara (toprak, yüzeysel sular, vb.) geçiş yapmaktadır. PCB'lerin çökeltmesi yağmurla yıkanma ve kuru çökeltme olarak gerçekleşmekte ve bu, karalar ve yüzeysel sular için önemli bir PCB kirlilik kaynağı oluşturmaktadır. Bu olaylar, bileşiklerin fizikokimyasal özellikleri (buhar basıncı, suda çözünürlük, Henry katsayısı, oktanol-hava dağılım katsayısı) tarafından kontrol edilmektedir (Blanchard ve ark. 2006).

Alıcı ortamların organik ve inorganik bileşikler bakımından atmosferik çökeltme ile kirlendiğinin bilimsel araştırmalarla tespit edilmesinden sonra çökeltme araştırmaları da daha önem kazanmıştır (Van Drooge ve ark. 2001, Vardar ve ark. 2002). Bununla beraber kuru çökeltme örneklerinin toplanması konusunda üzerinde uzlaşmış henüz bir örnekleyici bulunmamaktadır (Cindoruk ve Tasdemir 2007a). Önceki çalışmalarda, su yüzeyi örnekleyicisinin (SYÖ'nin) PCB ve poliaromatik hidrokarbon (PAH) akılarının örneklenmesinde başarıyla kullanıldığı tespit edilmiştir (Cindoruk ve Tasdemir 2007b, Tasdemir ve Holsen 2005, Tasdemir ve Esen 2007). Dolayısıyla bu çalışmada kuru çökeltme ve hava-su arakesit geçiş akılarını belirlemek üzere örnekleyici olarak SYÖ'nin de kullanması tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra ıslak-kuru çökeltme örnekleyicisi (IKÇÖ) ile de partikül faz kuru çökeltme akıları belirlenmeye çalışılmış ve yarı uçucu organik bileşiklerin kuru çökeltme akılarının belirlenmesinde bilinen bir örnekleyici olan SYÖ ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Islak çökeltme örneklerinin literatürde farklı örnekleyiciler ile toplandığı görülmektedir. Islak çökeltme örnekleri genel olarak 2 tür örnekleyici ile toplanmıştır.

Bunlardan ilki sadece yağış zamanı kullanılan paslanmaz çelik kaplar (Agrell ve ark. 2002, Backe ve ark. 2002, Mandalakis ve Stephanou 2004) ve diğeri de üzerinde yağış sensörü bulunan ve yağışla kapağı açılarak örnek alınan ıslak çökme örnekleyicileridir (Blanchard ve ark. 2006, Park ve ark. 2001, Simcik ve ark. 2000, Sun ve ark. 2006, Van Ry ve ark. 2002). Bu örnekleyiciler ile sadece ıslak çökme akıları belirlenebilmekte fakat kuru çökme akıları için başka örnekleyicilerin kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Bu çalışmada, kullanılan örnekleyici yağış sensörü sayesinde yağışlarda ıslak çökme haznesinin, kuru hava şartlarında ise kuru çökme haznesinin açık olmasını sağlamaktadır. Böylece kuru ve ıslak çökme örnekleri aynı örnekleyici ile ayrı olarak toplanabilmektedir.

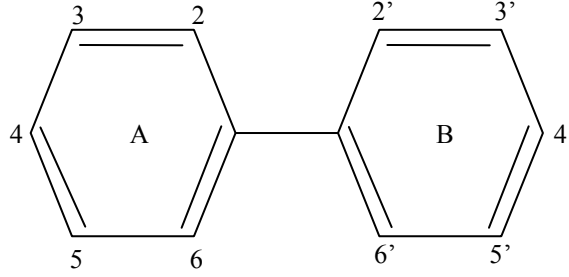
Bu çalışmanın başlıca amaçları şu şekilde özetlenebilir:

1. PCB ıslak ve kuru çökme akılarını ölçmek için bir ıslak-kuru çökme cihazını geliştirmek ve değerlendirmek (sınamak),
2. Bursa'nın dört farklı bölgesinden bir yıl boyunca farklı örnekleyicilerle toplanan ıslak ve kuru çökme örnekleri ile PCB akılarını ölçmek ve karakterize etmek,
3. Farklı örnekleyicilerle toplanan kuru çökme akıları gözönünde bulundurularak ıslak örnekleyicilerin avantajlarını karşılaştırmak,
4. PCB konsantrasyon değerleri, kuru çökme akıları ve ıslak çökme akı değerleri kullanılarak PCB'lerin kuru çökme hızlarını (V_d), kütle transfer katsayılarını (KTK) ve yıkanma oranlarını (W) belirlemektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. PCB'ler ve Genel Özellikleri

PCB'ler, $C_{12}H_xCl_y$ ($x=0\sim 9$, $y=10-x$) formundaki 209 bileşikten (tür) her birisi olup kanserojendirler (Jones ve ark. 1992, Tasdemir 1997). PCB'ler, birbirlerine tek bağla bağlanmış iki benzen halkasına 2-10 Cl atomunun farklı konumlarda (polar olmayan) bağlanması sonucu oluşurlar (Manahan 1991) (Şekil 2.1). Klor sayısını veya derecesini gösteren ifade ise "homolog" diye geçmektedir ve toplam 10 adettir (1-10 klorobifeniller, CBler). Klorların fenil halkası içinde bağlandığı noktaya göre yapılan isimlendirme ise "izomer" olarak isimlendirilir ve toplam 46 adettir (Çizelge 2.1).



Şekil 2.1 PCB'lerin Genel Yapısı

Çizelge 2.1 Klor Dağılımına Göre İzomer Sayısı

		A Halkasındaki Klor Atomunun Sayısı					
		0	1	2	3	4	5
B Halkasındaki Klor Atomunun Sayısı	0	1	3	6	6	3	1
	1		6	18	18	9	3
	2			21	36	18	6
	3				21	18	6
	4					6	3
	5						1

KAYNAK: ERICKSON, M.D. 1997. Analytical Chemistry of PCBs. Lewis Publishers, CRC press, USA, s. 667.

PCB'ler düşük buhar basıncı, düşük çözünürlük ve yüksek dielektrik sabiti değerlerine sahip kararlı bileşikler olup bu özellikleriyle de endüstride yaygın olarak kullanılmışlardır (Cindoruk ve Tasdemir 2007b, Gouin ve ark. 2002, Sawyer ve ark. 1994, Yeo ve ark. 2004). PCB'ler, çoğunlukla transformatör ve kondensatörlerde

soğutucu ve yalıtım sıvısı olarak kullanılırlar (Mullin ve ark. 1984). Ticari olarak üretilen Aroclor karışımları değişik PCB homolog gruplarını içerirler. Değişik ülkelerde (ABD, Japonya, Almanya, Fransa) üretilmiş olmalarına rağmen genel içerikleri benzerlik gösterir. PCB'ler hidrofobik, yarı uçucu bileşikler olup yavaşça parçalanıp birikime yol açarlar.

PCB'ler farklı klor içeren çoklu izomerler şeklinde piyasaya sürülmüşlerdir. Bunlardan bazıları Aroclor (ABD), Chlorextol (ABD), Clophen (Almanya), Dykanol (ABD), Fenclor (İtalya), Inerteen (ABD), Kanechlor (Japonya), Noflamol (ABD), Phenoclor (Fransa), Pyralene (Fransa), Pyranol (ABD), Santotherm (Japonya), Sovol (SSCB), Therminol (ABD) şeklindedir (Anonim 1993). Çoğu PCB türü renksiz, kokusuz kristallerden ibarettirler ve klor sayısına paralel olarak viskoz yapıları artar, örneğin, Aroclor 1260'ın klor içeriği yüksektir ve yapışkan reçine kıvamındadır. Klor içeriklerine göre fiziksel ve kimyasal yapıları değişmekle birlikte genellikle düşük çözünürlük ve düşük buhar basıncına sahiptirler. Çoğunlukla organik çözücülerde ve yağlarda iyi çözünürler. PCB'ler çok kararlı bileşikler olup kolayca parçalanmazlar.

2.2. PCB'lerin Etkileri

PCB'ler ilk defa 1929 yılında üretilmeye başlanmış, 1966 yılına kadar da konsantrasyonları hakkında herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu bileşikler çevrede parçalanmaya karşı dirençli oldukları için bünyede biyolojik olarak kolayca birikirler (McConnell ve ark. 1998). Kanada ve Kuzey Amerika'da kullanımları 1970'lerde yasaklanmış olmasına rağmen şu an bile deniz memelileri ve kuşlar üzerinde olumsuz etkiye sebep olacak yeterlikte biyotada bulunmaktadır (Erickson 1997, Jones ve ark. 1992, Manodori ve ark. 2006). Bu da daha önce buharlaşabilen bileşiklerle kirlenmiş toprak yüzeyinden olan buharlaşmaya, atmosferik taşınım ve çökelmeye bağlanmaktadır (McConnell ve ark. 1998).

PCB'ler, çok çeşitli sağlık ve çevresel problemlere sebep oldukları için son zamanlarda ilgi odağı olmaya başlamıştır. Canlılar, genellikle havanın solunması, PCB'lerle kirlenmiş olan sular ve yiyeceklerin vücuda alınması sonucu PCB'lere maruz

kalırlar. PCB'ler, insanlar ve hayvanlarda ciddi sağlık problemleri meydana getirirler. Akciđerler, bağırsaklar ve doku yardımıyla kolayca absorbe edilirler (Anonim 1993). Vücuda girdiklerinde ilk olarak kanda, kaslarda ve karaciğerde görünürler. Eđer metabolize edilmeyip vücuttan atılmazlarsa, yağ dokularında depolanırlar ve yıllarca kalabilirler. Daha sonra klorakneye sebep olur ve karaciğer ve böbreklerde hasara yol açarlar. PCB'ler bağışıklık ve sinir sistemini olumsuz yönde etkiler ve çocuk düşürme, gelişim bozuklukları, prematüre doğumlar ve kanser gibi olumsuzlukların artmasına sebep olurlar (Anonim 1993). Sağlık problemleri arasında birçok kanser çeşidi, merkezi sinir sistemi rahatsızlıkları, ters/yan etkiler ve bazı organlarda bozukluklar da gösterilebilir (Brouwer ve ark. 1998). PCB'ler, kalıcı olmaları, hava-toprak ve hava-su ortamları arasında sürekli çökme ve buharlaşma eğiliminde olmaları, atmosferdeki göreceli kararlılıkları, atmosferik taşınım ile uzak mesafelere taşınabilmeleri ve besin zinciri ile canlılarda birikebilmelerinden dolayı canlılar açısından önem arz ederler (Halsall ve ark. 1995). PCB'ler çok çeşitli matrisler şeklinde buldukları için davranışları, etkileşimleri, taşınma ve parçalanma oranları da farklılık gösterir. Kalıcı oldukları için çevreden giderimleri oldukça yavaştır.

PCB'lerin veya diğer organiklerin sedimentlere adsorpsiyonu sucul ortamlardaki önemli bir prosesi oluşturur. Sedimentteki veya askıda maddedeki PCB konsantrasyonlarının su ortamındakinden daha yüksek miktarda olduğu belirtilmiştir (Erickson 1997). PCB türündeki klor miktarı düşükçe sorpsiyon da azalmaktadır, çünkü PCB'lerin sudaki çözünürlüğu artmakta ve oktanol-su ayrılma katsayısı düşmektedir (Tasdemir 1997).

PCB'ler atmosfere antropojenik aktiviteler sonucu verilmektedir. Uzun mesafelere taşınarak hiçbir PCB kaynağının bulunmadığı alanlara çökebilirler. Yağmur ve kar ile ıslak çökme, ince/kaba partiküllerin kuru çökelmeleri ve gazların hava-su ara yüzeyindeki değişimi başlıca atmosferik taşınma mekanizmalarıdır (Franz ve ark. 1998, Jurado ve ark. 2004, Park ve ark. 2001, Tasdemir ve Holsen 2005).

2.3. PCB'lerin Kaynakları

PCB'lerin doğal sulardaki temel kaynakları arasında karbonsuz kağıt imalatı, demir, çelik ve alüminyum dökümü, kağıt hamuru ve kağıt imalathanelerinden yapılan deşarjlar, PCB içeren atıkların eksik yanması ve elektrik endüstrilerindeki transformatör veya kapasitörlerdeki sıvının kazalar sonucu açığa çıkması gösterilebilir (EIP 1997, Erickson 1997, Tasdemir 1997). Kapasitör ve transformatörlerin yanı sıra, hidrolik akışkanlarında, yağlayıcı maddelerde, plastikleştiricilerde, ahşap korumada, boyalarda ve mühürlerde üretim aşamasında kullanılırlar (Erickson 1997, EIP 1997).

Topraktaki veya doğal su kaynaklarındaki PCB'lerin havaya geçmesi atmosferdeki temel PCB kaynakları arasında gösterilebilir. Ayrıca çöp deponi sahaları da birer PCB kaynağı olarak kabul edilebilirler ki karbon dioksit ve metan gibi emisyonlar beraberlerinde PCB'leri ve diğer uçucu organik bileşikleri havaya taşıyabilirler. Evsel suların klorlanması ve klorlu organiklerin yakılması da bazı basit PCB'lerin oluşmasına yol açabilir (Tasdemir 1997). Atmosfere karışan PCB miktarı toprak ve/veya suya oranla daha az miktarda olsa bile, bu bileşiklerin yarı uçucu özelliklerinden dolayı partiküllerin tekrar havalanması ve buharlaşma sırasında atmosfere karışması havadaki PCB konsantrasyonunu arttırmaktadır (Halsall ve ark. 1995). Havada ölçülen PCB'ler genellikle PCB içeren materyallerin yanması, su/hava, toprak/hava arakesitlerinde meydana gelen kütle transferi, atık depolanmış alanlardan, çamur kurutma yataklarından, çöp depolama sahalarından meydana gelen buharlaşmalardan kaynaklanmaktadır (Biterna ve Voutsas 2005, Tasdemir ve ark. 2005). Dolayısıyla kentsel alanlardaki havada ölçülen PCB konsantrasyonları kırsal kesimlerdekinden daha yüksek çıkmaktadır (Gambaro ve ark. 2004, Lohmann ve ark. 2000, Tasdemir ve ark. 2004).

PCB'lerin genel fiziksel özelliklerinin bilinmesi PCB'lerin analitik, fizyolojik ve çevresel özelliklerinin de anlaşılmasında yardımcı olacaktır. PCB'lerin havadaki konsantrasyonları üzerinde etkili olan buhar basınçları, buharlaşma oranları, kaynama noktaları, su ve hava fazları arasındaki denge şartları, gaz ve partikül faz dağılımlarını

açıklayan oktanol-hava dağılım katsayıları hakkında bilgi sahibi olmak PCB'ler üzerine yapılan çalışmalarda bilinmesi gereken önemli fiziksel özelliklerdir.

PCB'lerin çevresel boyutlardaki konsantrasyon dağılımları incelendiğinde birikim ve geç parçalanma gibi temel özelliklerinden dolayı hemen hemen her ortamda ve canlıda PCB'ye rastlamak mümkündür. ABD'deki bazı kuruluşlarca önerilen izin verilebilir maksimum PCB seviyeleri ve kabul edilebilir dış ortam konsantrasyonları belirlenmiş olmasına karşın Türkiye'de henüz böyle bir sınırlama mevcut değildir. Ancak daha önceleri sadece tehlikeli atık yönetmeliğinde bir sınırlama bulunurken 2007 yılında tehlikeli atıkları ile ilgili yönetmelikten ayrı bir şekilde değerlendirilerek PCB ve PCT İçeren Atıkların Kontrolü Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelik, PCB ve PCT'lerin ve PCB içeren ekipmanların üretimi, toplanması, geçici olarak depolanması, taşınması, bertaraf edilmesi, ithali ve ihracatına ilişkin yasak, sınırlama ve yükümlülükleri kapsamaktadır.

2.4. PCB'lerin Atmosferik Konsantrasyonları

PCB'ler düşük buhar basıncına sahip olmaları sebebiyle düşük sıcaklıklarda bile yüzeysel sulardan, yer yüzünden, ve partiküllerden buharlaşabilmektedir, bu nedenle atmosferde yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmektedirler. Atmosferik PCB'lerin kaynakları; birincil emisyonlar (PCB içerikli maddelerin yakılması, transformatörler ve kapasitörlerin kullanımı, yazıcı mürekkepleri ve izolasyon sıvılarından buharlaşma, vb.) ve ikincil emisyonlardır (hava-su arakesitindeki geçişler, toprak ve yüzeysel sulardan buharlaşma, bitkiler, vb.) (Mandalakis ve Stephanou 2004). PCB'lerin atmosferdeki konsantrasyonları sıcaklığa, rüzgar hızı ve yönüne, yağışlara ve gaz/partikül faz dağılımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Harrad ve Mao 2004). Yarı uçucu organik bileşiklerin atmosferdeki partikül/gaz faz dağılımlarını Junge-Pankow modeli ile (Falconer ve Harner 2000, Pankow 1994, Tasdemir ve ark. 2004), sıcaklıkla değişimini Clausius-Clapeyron denklemi (Carlson ve Hites 2005) ile açıklamak mümkün olabilmektedir.

PCB'lerin kalıcı organik kirleticilerden biri olması atmosferde uzun mesafeler boyunca bozunmadan taşınabilmelerine neden olmaktadır (Shen ve ark. 2006, Wania ve Mackay 1993, 1996). Bu özellikleri, yalnızca kirlenen bölgede değil atmosferik veya yüzeysel ve yeraltı sularıyla taşınarak küresel bazda etkili olmalarına neden olmaktadır. Ayrıca besin zincirinde birikerek yaşayan organizmalarda yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmeleri ve yüksek oranda toksik olmaları dolayısıyla insan ve çevre sağlığına zarar vermektedir. Olumsuz etkilerini önleyebilmek amacıyla emisyonlarının azaltılması için PCB'lerin üretimi birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu yasaklamaya rağmen yapılan çalışmalarda üretimi ve kullanımı olmayan bölgelerde (kutuplar gibi) yaşayan canlılarda bile belirli seviyelerde PCB konsantrasyonlarına rastlanmaktadır (Barrie ve ark. 1992, Lim ve ark. 2006). Son zamanlarda yapılan bazı atmosferik PCB ölçüm çalışmalarında elde edilen konsantrasyon değerleri Çizelge 2.2'de verilmiş olup değerlerinin örnekleme bölgesi, örnekleme periyotları gibi özelliklerinden dolayı farklılık gösterdikleri görülmektedir.

2.5. PCB'lerin Çökmesi

2.5.1. Kuru çökme

Kuru çökme yağış, sis vb. çöktürücü etkenlerin bulunmadığı hava koşullarında gaz ve/veya partikül haldeki kirleticilerin taşınıp yeryüzüne birikmesi sürecidir. Kuru çökme kompleks ve tersinir bir süreçtir ve gaz transferi ve sorpsiyondan doğrudan etkilenir (Tasdemir 1997). Kuru çökmenin miktarı atmosferdeki kirletici konsantrasyonu ve karakteristikleri, atmosfer şartları ve çökme yüzeyiyle ilişkilidir (Gustafson ve Dickhut 1997, Hoff ve ark. 1992, Tasdemir 1997).

Kuru çökme süreci üç basamağı kapsar: aerodinamik taşınma, sınır tabakası taşınması ve alıcı yüzeyler ile kirletici arasındaki etkileşimler. Birinci basamak, kirleticinin serbest atmosferden yüzeye yakın laminar benzeri alt tabakaya ani taşınmasını içerir; ikinci basamak ise alt tabaka içindeki hareketi açıklar; yüzey tabakası ile kirletici arasındaki kimyasal ve fiziksel etkileşim ise üçüncü basamağı teşkil eder (Lee ve ark. 1996).

Çizelge 2.2 Bazı Bölgelere Ait Atmosferik Konsantrasyon Değerleri

Örnekleme Bölgesi	Örnekleme Periyodu	Ölçülen PCB Türü Sayısı	Toplam Kons. (pg/m ³)	Referanslar
Corpus Christi Bay (haliç) ^a	20 Ağustos 1998-16 Eylül 1999	97	34	Park ve ark. 2002
Birmingham, UK (kentsel) ^b	Nisan 1999-Temmuz 2000	41	218	Harrad ve Mao 2004
Galveston bay, Texas ^c	Şubat 1995-Ağustos 1996	97	1.136,1 (gaz faz) 45 (partikül faz)	Park ve ark. 2001
Güney Kore (kentsel) ^d	Temmuz 1999-Şubat 2000	22	19	Yeo ve ark. 2003
İzmir ^e	28 Mart-8 Mayıs 2005	36	3.136 (endüstriyel)	Cetin ve ark. 2007
	13-20 Temmuz 2005		314 (kentsel)	
			847(kentsel)	
Yokohama, Çin ^f	Mart 2002-Şubat 2003	-	79	Kim ve Masunaga 2005
Venice Lagoon, İtalya ^g	6 Temmuz-5 Ağustos 2005	118	177,3(gaz faz)	Manodori ve ark. 2007
Roma (kentsel) ^h	2000-2001	64	553	Menichini ve ark. 2007
Latium ^h			94	
Bayonne ⁱ	Aralık 1999 - Kasım 2000	93	1.600	Totten ve ark. 2006
Jersey City ⁱ			930	
Alert ^j	1993-1999	102	26 (gaz) 3,58 (partikül)	Hung ve ark. 2005
Kinngait ^j	1994-1995		30,5(gaz) 3(partikül)	
Tagish ^j	1993-1994		22(gaz) 4,9(partikül)	
Dunai ^j	1993-1994		35,5(gaz) 5,3(partikül)	
Gotska Sandön(ada) ^k	21 Eylül-11 Kasım 2001	-	7,4	Ter Schure ve ark. 2004

Gaz/partikül dağılımı YUOB'lerin çökeltme davranışlarını doğrudan etkiler. Geniş bir buhar basıncı aralığına (10^{-4} ile 10^{-11} atm) sahip olmaları ve kalıcı özellikte olmaları YUOB'lerin kaynaklarından çok daha uzak mesafelere taşınabildiklerini göstermektedir (Gevao ve ark. 1998). YUOB'ler atmosferik çökeltme ile temiz su ve toprak yüzeylerine çökeltmek bu ortamların da kirlenmesine sebep olurlar. Amerika'da yapılan bir araştırmada Büyük Göller'e (Great Lakes) giren toplam PCB miktarının % 50'den fazlasının atmosferik taşınma ile gerçekleştiği belirtilmiştir (Achman ve ark. 1993, Jeremiason ve ark. 1994, Tasdemir ve ark. 2005). Yüzeysel suların atmosferik çökeltmeye karşı savunmasız olmalarından dolayı kolayca kirlenebilecekleri ve besin zinciri yoluyla insan ve diğer canlılar için tehlikeli boyutlara ulaşabilecekleri kaçınılmazdır. Bunun öneminin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte bilimsel literatürdeki

PCB çökme verileri gün geçtikçe artış göstermektedir. Son zamanlarda absorblayıcı bir yüzeyi bulunan kuru çökme örnekleyicisi kullanılmadan yapılan bazı kuru çökme ölçüm çalışmalarında elde edilen akı değerleri Çizelge 2.3'te verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan SYÖ ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen kuru çökme (partikül faz) ve hava-su geçiş (çözünmüş faz) akı değerleri de Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Bazı Bölgelerde Elde Edilen Kuru Çökme Akı Değerleri

Örnekleme Bölgesi	Ölçülen PCB Türü Sayısı	Kuru Çökme Akısı (ng/m ² -gün)	Referanslar
Hudson River Bay, (NJADN)	93	2,1-53	Totten ve ark. 2004
Wash. Crossing	93	3,1	Totten ve ark. 2006
Northeast		8	
Camden		76	
Swarthmore		14	
Lum's Pond		2,6	
Alloways Creek		2	
Delaware Bay		5,9	
Camden	89	25	Van Ry ve ark. 2002
New Brunswick		3,7	
Pinelands		1	
Tuckerton		1,5	

Çizelge 2.4 Literatürde SYÖ ile Elde Edilen Kuru Çökme Akıları

Örnekleme Bölgesi	Örnekleme Periyodu	Ölçülen PCB Türü Sayısı	Kuru Çökme/Hava-Su Geçiş Akısı (ng/m ² -gün)	Referanslar
Chicago, kentsel alan	Haziran-Ekim 1995	7	830+910 gaz	Tasdemir ve ark. 2005
			240±160 partikül	Tasdemir ve Holsen 2005
Bursa, yarı-kentsel (Uludağ Üniversitesi)	Temmuz 2004-Mayıs 2005	41	46,3±40,6 partikül	Cindoruk ve Tasdemir 2007c
			79,3±40,5 gaz	Cindoruk ve Tasdemir 2007a
15,4 ± 14,3			Cindoruk ve ark. 2008a	
86,0±97,4			Cindoruk 2007	
Bursa, Kentsel/endüstriyel				
Bursa, kentsel (BUTAL)				

2.5.2. Islak çökme

Islak çökme kuru çökmeyle oranla literatürde daha çok yer bulan konular arasındadır. Bunun sebebi kuru çökme çalışmalarına göre örnek toplamanın daha kolay olmasıdır. Islak çökme kirleticilerin yağış sırasında kar veya yağmur tarafından absorpsiyonu ve yüzeye çöken sis veya çığ bulutları aracılığıyla meydana gelen kütle transferini içine alan kombine bir süreçtir (Tasdemir 1997). Islak çökme mekanizması partikül ve gaz kirleticiler için farklılık gösterir. Reaktif özelliği bulunmayan gaz bileşikler yağmur içine Henry yasasının denge teorisi gereğince absorbe olurlar, ancak partikül kirleticilerin giderim mekanizması partikülün fiziksel ve kimyasal özelliğinin yanında meteorolojik şartlara da bağlılığından dolayı daha karmaşıktır (Gaga 2004).

Literatürdeki çalışmalarda ıslak çökme örneklerinin toplanmasının farklı örnekleyiciler ile gerçekleştirildiği görülmektedir (Cindoruk ve ark. 2008b). Islak çökme örnekleri genel olarak 2 tür örnekleyici ile toplanmıştır. Bunlardan ilki sadece yağış zamanı kullanılan paslanmaz çelik kaplar (Agrell ve ark. 2002, Backe ve ark. 2002, Mandalakis ve Stephanou 2004) ve diğeri de üzerinde yağış sensörü bulunan ve yağışla kapağı açılarak örnek alınan ıslak çökme örnekleyicileridir (Blanchard ve ark. 2006, Park ve ark. 2001, Simcik ve ark. 2000, Sun ve ark. 2006, Van Ry ve ark. 2002). Bu örnekleyiciler ile sadece ıslak çökme akıları belirlenebilmekte fakat kuru çökme akıları için başka örnekleyicilerin kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Son zamanlarda yapılan bazı ıslak çökme ölçüm çalışmalarında elde edilen ıslak çökme akı değerleri Çizelge 2.5'te verilmiştir. Aynı bölgelerde farklı zamanlarda yapılan çalışmalarda farklı çökme akı değerlerinin elde edildiği bu çizelgede açıkça görülmektedir.

Çizelge 2.5 Bazı Bölgelerde Elde Edilen Islak Çökeltme Akı Değerleri

Örnekleme Bölgesi	Örnekleme Periyodu	Ölçülen PCB Türü Sayısı	Islak Çökeltme Akısı (ng/m ² -gün)	Referanslar
Wash. Crossing, NJ	Aralık 2001 Aralık 2002	93	0,78	Totten ve ark. 2006
Northeast, NJ			2	
Camden, NJ			19	
Swarthmore, NJ			3,5	
Lum's Pond, NJ			0,67	
Alloways Creek, NJ			0,5	
Delaware Bay, NJ			1,5	
Camden, NJ	Ağustos 2000	89	53	Van Ry ve ark. 2002
New Brunswick, NJ			3,3	
Pinelands, NJ			3,9	
Tuckerton, NJ			1,7	
Tenerife, Canary Islands	Mayıs 1999 - Temmuz 2000	19	780	Van Drooge ve ark. 2001
Baltic Sea Region, Europe	1990 – 1993	51	1,2-17,9	Agrell ve ark. 2002
Galveston Bay	2 Şubat 1995 - 6 Ağustos 1996	97	4,2 ¹	Park ve ark. 2001
Greece	Nisan 2000 - Mayıs 2001	54	2,25 ²	Mandalakis ve Stephanou 2004

¹1,53 µg/m²-yıl, ² 820 ng/m²-yıl, NJ: New Jersey

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Örnekleme Bölgeleri ve Meteorolojik Veriler

Bu çalışmada akıların bölgesel özelliklere göre değişiminin belirlenmesi amacıyla dört farklı özelliğe sahip örnekleme bölgesi seçilmiştir. Bu bölgelerin 3 tanesi Bursa şehrinin merkezinde yer alırken diğer örnekleme bölgesi Bursa'nın bir ilçesi olan Mudanya'dadır.

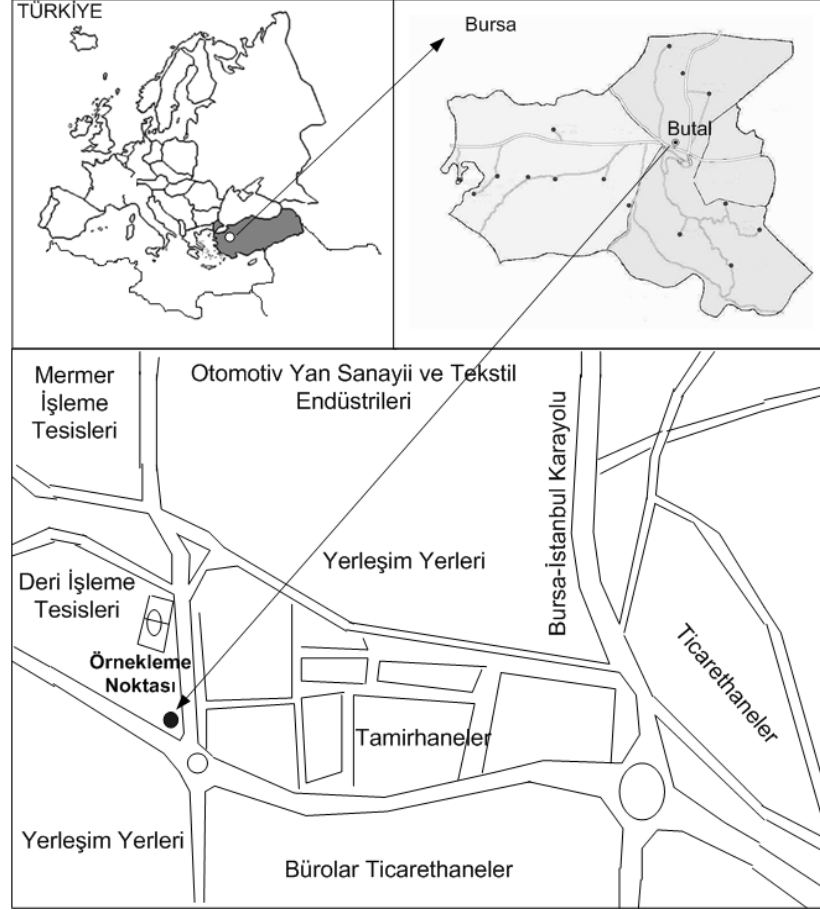
Bursa İli, birçok tekstil, otomotiv, makine, gıda ve deri endüstrisinin yer aldığı sanayi yönünden gelişmiş bir şehirdir. Sanayinin gelişmişliğine bağlı olarak sürekli göç almaya devam etmektedir ve nüfusu 2.500.000'e ulaşmıştır. Güneyinde Uludağ, kuzeyinde ise Marmara Denizi yer almaktadır. Bölgeye yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ılık ve yağışlı geçtiği Akdeniz iklimi ve her mevsimin yağışlı geçtiği Karadeniz iklimi hakimdir. İklim özellikleri yılın ortalama 113 gününün yağışlı geçmesine neden olmaktadır.

Bölgesel meteorolojik verilerin belirlenmesi için her bölgeye meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Buna ek olarak örnekleyici üzerinde bulunan saat ile belirlenen yağış süreleri ve biriken yağmur suyu hacminin ölçülmesi ile elde edilen değerler bölgelere ait meteorolojik veriler çizelgelerde verilmiştir.

3.1.1. BUTAL örnekleme bölgesi ve meteorolojik verileri

Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı-TÜBİTAK (BUTAL) İzmir-Ankara yolu üzerindeki Merinos kavşağında yer almaktadır (Şekil 3.1). BUTAL'in bahçesine kurulan ve yaklaşık 2,5 m yüksekliğe sahip bir platform üzerinden örnekleme yapılmıştır (N 40° 11' 54", E 29° 02' 55") (Şekil 3.2). Trafiğin oldukça yoğun olduğu bu bölge aynı zamanda kent merkezi içinde bulunmaktadır. Bu bölge yoğun trafik yüküne ve kentsel alan özelliklerine sahiptir.

Yavuz Selim örnekleme bölgesine yerleştirilen meteoroloji istasyonu ile belirlenen meteorolojik değerler Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 BUTAL Örnekleme Bölgesi



Şekil 3.2 BUTAL Örnekleme Noktası

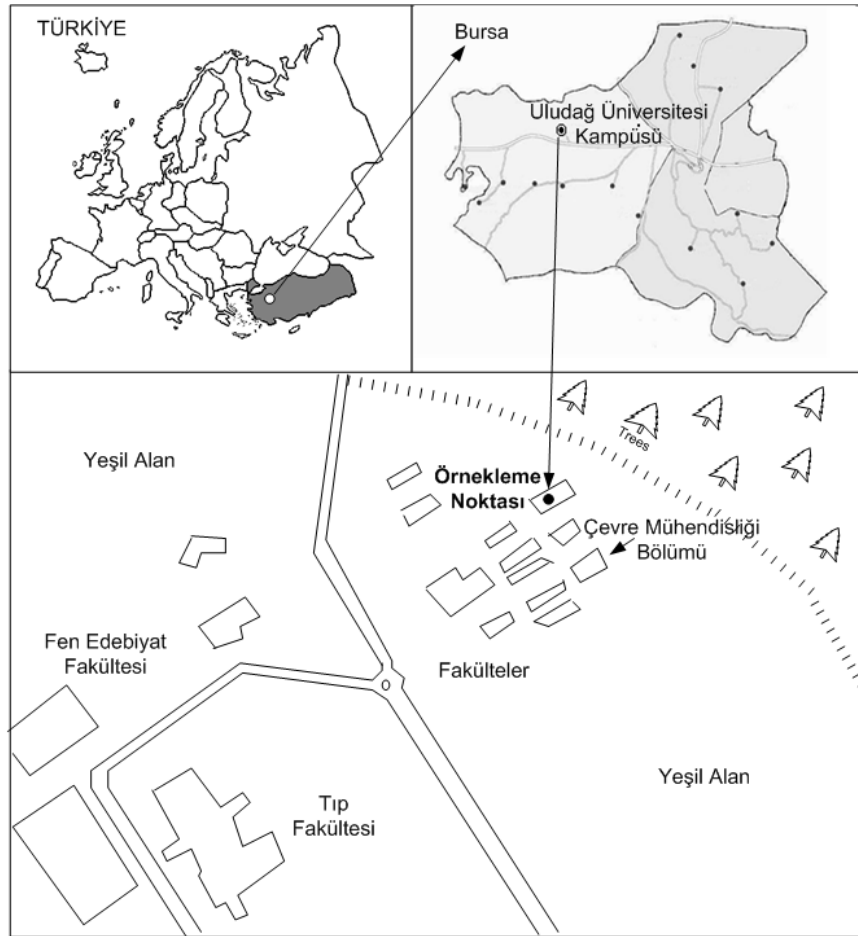
Çizelge 3.1 BUTAL Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler

Örnekleme Dönemi	Sıcaklık (°C)	Rüzgar	Nem (%)	Yağmur Hacmi (L)	Yağış Süresi (dak)
		Hızı (m/s)			
05/28-06/18/2008	21,84	1,14	43,99	4,80	283,80
06/18-07/19/2008	25,73	1,59	37,04	0,26	156,00
07/19-09/24/2008	25,23	1,46	43,75	18,05	1.984,80
09/24-10/16/2008	16,85	1,04	62,14	13,22	6.398,40
10/16-11/03/2008	16,24	0,61	62,42	0,77	2.318,40
11/03-12/01/2008	13,21	1,39	59,65	11,20	4.335,60
12/01/2008-01/02/2009	6,50	1,31	54,16	12,89	8.530,20
01/17-02/02/2009	9,83	1,49	52,03	2,30	1.614,00
02/02-02/17/2009	10,20	1,86	58,28	2,69	4.419,00
02/17-03/02/2009	4,86	1,20	57,75	18,88	5.709,60
03/16-04/01/2009	9,31	1,53	55,13	8,80	3.421,80
04/01-04/17/2009	12,05	1,12	58,97	8,51	4.000,80
04/17-05/01/2009	13,40	1,04	53,74	1,25	2.504,40
05/01-05/16/2009	20,28	1,15	45,74	2,46	1.719,00
06/01-06/16/2009	23,56	1,33	44,28	0,03	384,60

3.1.2. Uludağ Üniversitesi (UÜ) örnekleme bölgesi ve meteorolojik verileri

Uludağ Üniversitesi şehir merkezinden 20 km uzaklıkta olup Bursa-İzmir otoyolu üzerinde ve Görükle Beldesi'ne 1,5 km mesafededir (Şekil 3.3). Örnekleme noktası olarak N 40° 13' 41,7"-E 28° 52' 35,1" koordinatlarındaki 3 katlı (~10 m) Endüstri Mühendisliği Bölümü Binası'nın çatısı seçilmiştir (Şekil 3.4). Bu nokta kentsel alana uzaklığı ve yaklaşık 40.000 öğrencinin bulunması ve şehirlerarası yola yakınlığı dolayısıyla yarı-kırsal özellikte bir bölge olarak kabul edilmiştir. Bina, batısında ormanlık alan ve doğusu ile güneyinde üniversite yerleşkesi ile çevrelenmektedir.

Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesine yerleştirilen meteoroloji istasyonu ile belirlenen meteorolojik değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.3 Uludağ Üniversitesi Örnekleme Bölgesi



Şekil 3.4 Uludağ Üniversitesi Örnekleme Noktası

Çizelge 3.2 Uludağ Üniversitesi Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler

Örnekleme Dönemi	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)	Nem (%)	Yağmur Hacmi (L)	Yağış Süresi (dak)
27.05-18.06.2008	20,73	1,16	51,01	2,80	2.623,80
18.06-30.06.2008	25,78	1,93	49,28	0,10	2.110,20
30.06-16.07.2008	24,60	2,01	43,30		
16.07-01.08.2008	24,65	1,64	48,41		
01.08-15.08.2008	24,98	2,21	47,10		
15.08-01.09.2008	26,28	1,85	51,40		
01.09-24.09.2008	21,17	1,21	51,98	15,10	5.902,20
24.09-16.10.2008	16,18	1,19	59,79	10,40	7.090,20
16.10-03.01.2008	15,10	0,70	64,63	0,10	9.013,80
03.11-17.11.2008	11,74	0,50	66,66	8,10	5.004,60
17.11-01.12.2008	10,97	1,84	59,86	0,00	0,00
01.12-16.12.2008	10,03	1,94	60,01	21,50	8.944,80
16.12-02.01.2008	4,34	1,40	53,55		
02.01-17.01.2009	3,90	1,31	52,82	2,70	2.369,40
17.01-31.01.2009	9,46	1,68	52,58	1,50	2.272,20
31.01-17.02.2009	8,85	1,70	51,16	29,00	4.900,20
17.02-02.03.2009	4,42	1,41	47,04	5,00	4.507,20
16.03-01.04.2009	8,27	1,52	47,44	13,25	3.558,00
01.04-17.04.2009	10,94	1,03	52,16	2,95	5.105,40
17.04-01.05.2009	12,01	0,90	53,88	2,75	4.490,40
01.05-16.05.2009	16,08	1,01	53,79	3,00	3.337,80
16.05-01.06.2009	19,44	1,38	51,88	0,40	2.109,00
01.06-16.06.2009	21,99	1,27	51,25	1,25	2.393,40
16.06-01.07.2009	23,44	1,26	47,10	1,10	1.130,40

3.1.3. Mudanya örnekleme bölgesi ve meteorolojik verileri

Mudanya, Bursa İli'ne bağı Marmara Denizi kıyısında yer alan bir ilçedir. Mudanya'nın kuzeyinde Marmara Denizi ve deniz aşırı olmak üzere İstanbul ili, kuzey batısında gelişmiş sanayiye sahip Tekirdağ ili, batısında bor, asit, gübre ve gıda fabrikaları bulunan sanayi kenti Bandırma, güney ve güney güney doğusunda sanayi bakımından gelişmiş olan Bursa ili şehir merkezi ve doğusunda zeytinyağı, sabun ve ağır sanayi fabrikaları ile Gemlik ilçesi yer almaktadır (Şekil 3.5). Bir kıyı kenti olan Mudanya'nın nüfusu yaklaşık olarak 47.000 ve yüzölçümü 643 km² dir. Örnekleyciler, 3 katlı bir bina olan Uludağ Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi'nin terasına (40⁰ 22' 24,62'' K - 28⁰ 52' 43,04'' E) yerleştirilmiştir (Şekil 3.6, 3.7). Binanın bir tarafı şehir merkezi (~1 km.) diğer tarafı da ormanlık alandan oluşmaktadır.

Mudanya örnekleme bölgesine yerleştirilen meteoroloji istasyonu ile belirlenen meteorolojik değerler Çizelge 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.5 Mudanya Örnekleme Bölgesi



Şekil 3.6 Mudanya Örnekleme Noktası



Şekil 3.7 Mudanya Örnekleme Noktası

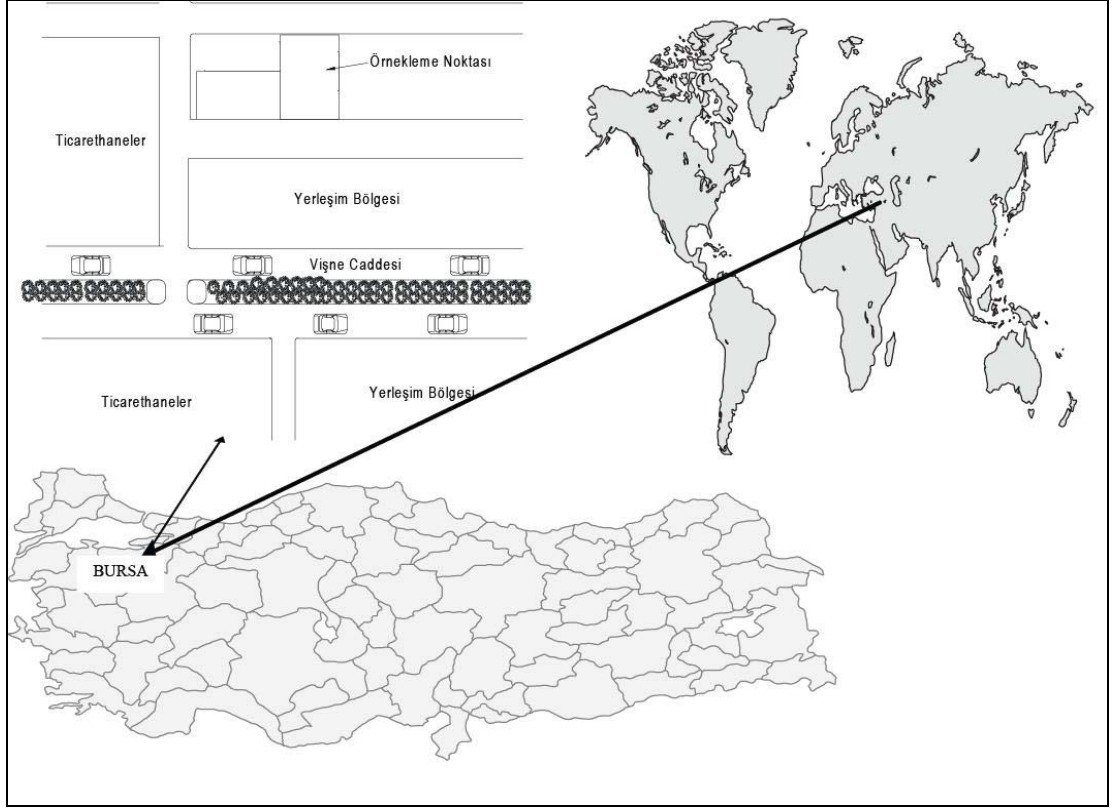
Çizelge 3.3 Mudanya Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler

Örnekleme Dönemi	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)	Nem (%)	Yağmur Hacmi (L)	Yağış Süresi (dak)
28.08-24.09.2008	23,71	2,05	58,32	11,20	1.311,00
24.09-16.10.2008	16,73	2,05	54,45	9,10	1.915,80
16.10-03.11.2008	20,46	1,07	62,73	2,75	186,00
03.11-17.11.2008	14,53	1,51	61,92	11,84	291,60
17.11-01.12.2008	12,56	2,04	54,02		
01.12-16.12.2008	12,70	2,10	47,44	9,30	373,80
16.12.2008-02.01.2009	6,54	2,79	44,79		
02.01-17.01.2009	6,37	2,56	46,13	13,77	18.723,00
17.01-02.02.2009	11,48	1,66	50,40	3,00	14.575,80
02.02-17.02.2009	10,32	1,58	50,54	29,00	20.974,20
17.02-02.03.2009	5,98	2,75	45,32	2,50	1.380,00
02.03-16.03.2009	7,83	0,76	42,91	10,60	2.014,20
16.03-01.04.2009	9,62	1,41	46,82	17,00	1.215,00
01.04-17.04.2009	11,97	1,15	54,53	1,00	1.365,60
17.04-01.05.2009	12,81	1,35	52,97	0,55	869,40
01.05-16.05.2009	17,37	1,29	56,69	1,25	211,80
16.05-01.06.2009	20,31	1,20	62,08	0,25	595,80
01.06-16.06.2009	23,02	1,58	59,68	2,60	941,40
16.06-01.07.2009	24,27	1,67	54,33	0,30	407,40

3.1.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi

Yavuz Selim bölgesi kentsel özelliklere sahip ve küçük sanayi işletmelerinin bulunduğu ($40^{\circ} 11' 48,38''$ K - $29^{\circ} 5' 46,76''$ D) bir yerleşim yeridir. Örnekleme noktası şehir merkezine yakın olmakla birlikte küçük ölçekli sanayi kuruluşlarının (tekstil dokuma, tamirhane vb.) da bulunduğu bir bölgede yer almaktadır (Şekil 3.8). Örnekleme noktaları 3 katlı bir binanın terasına yerleştirilmiştir. Örneklerin toplandığı bu kentsel bölgede genellikle iki katlı binalar bulunmakta olup doğalgaz kullanımı yaygınlaşmamıştır (Şekil 3.9).

Yavuz Selim örnekleme bölgesine yerleştirilen meteoroloji istasyonu ile belirlenen meteorolojik değerler Çizelge 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.8 Yavuz Selim Örnekleme Bölgesi



Şekil 3.9 Yavuz Selim Örnekleme Noktası

Çizelge 3.4 Yavuz Selim Bölgesi Örnekleme Periyotlarına ait Meteorolojik Veriler

Örnekleme Dönemi	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)	Nem (%)	Yağmur Hacmi (L)	Yağış Süresi (dak)
18.06-30.06.2008	27,09	1,62	38,36	0,70	98,40
30.06-21.07.2008	25,80	1,66	35,51		
21.07-01.08.2008	25,23	1,52	42,67	18,40	2.389,20
01.08-15.08.2008	25,68	1,69	39,31		
15.08-01.09.2008	27,41	1,53	44,26		
01.09-24.09.2008	24,33	1,13	43,84		
24.09-16.10.2008	17,10	0,95	61,08		
16.10-03.11.2008	16,25	0,61	62,44	10,10	2.197,20
03.11-17.11.2008	14,72	0,50	63,79	0,20	1.270,20
01.12-16.12.2008	10,94	1,36	55,40	9,70	1.179,60
16.12-02.01.2008	5,03	1,33	54,64		
02.01-17.01.2009	5,04	1,27	53,34	10,75	2.090,40
17.01-02.02.2009	9,81	1,49	51,99	15,50	3.200,40
02.02-17.02.2009	10,15	1,85	58,26	0,95	1.950,60
17.02-02.03.2009	4,87	1,20	57,77	3,00	5.757,00
02.03-16.03.2009	9,82	1,95	59,62	9,75	5.664,60
16.03-01.04.2009	9,32	1,53	55,09	8,80	3.742,80
01.04-17.04.2009	12,05	1,12	58,99	1,50	3.478,80
17.04-01.05.2009	13,38	1,04	53,69	2,60	2.624,40
01.05-16.05.2009	16,79	1,12	53,86	3,50	1.578,60
01.06-16.06.2009	23,55	1,33	44,32	0,20	322,80

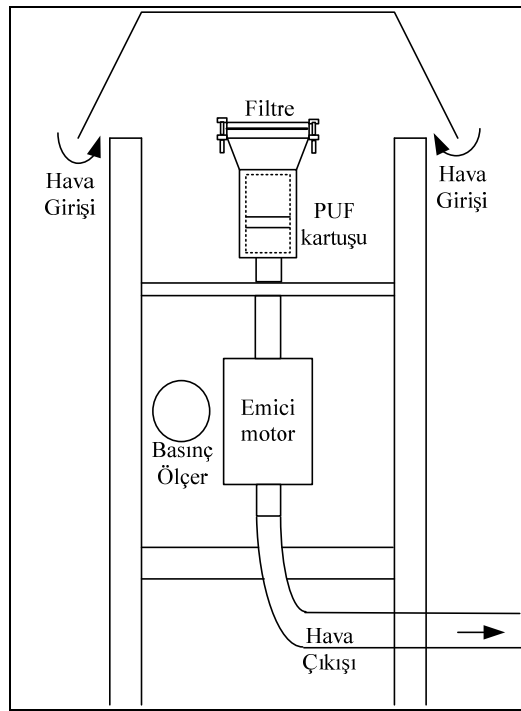
3.2. Örnekleyciler

Bu çalışmada konsantrasyon örneklerinin toplanması için yüksek hacimli hava örnekleycisi (YHHÖ) ve ıslak ve kuru çökeltme örneklerinin toplanması için SYÖ ve IKÇÖ kullanılmıştır.

3.2.1. Yüksek hacimli hava örnekleycisi (YHHÖ)

PCB'lerin atmosferik konsantrasyonlarını ölçmek amacıyla Thermo Andersen, ABD yapımı GPS11 model YHHÖ kullanılmıştır (Şekil 3.10). Örnekleme süresi yaklaşık 24 saattir yani günlük örnekler alınmıştır. Bütün örnekler kuru hava şartlarının olduğu zamanlarda alınmış olup yağışın gerçekleştiği durumlarda örnek iptal edilerek kuru hava şartlarının oluşması beklenerek yeni örnek alınmıştır.

Dört örnekleme noktasında da kullanılan bu örnekleyicide partikül ve gaz faz YUOB'leri aynı anda tutabilecek filtre ve PUF (poliüretan sünger) üniteleri mevcuttur. Filtre ünitesinde 10,2 cm çapında cam elyaf filtre bulunmaktadır. Bu üniteden sonra PUF kartuşu bulunmaktadır ve bu kartuş ile gaz faz YUOB'ler tutulabilmektedir. PUF kartuşu ise iki PUF tabakasının üst üste yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu PUF tabakalarının her biri 2,5 cm yüksekliğinde olup çapları 5,5 cm'dir. Bu PUF'lar cam kartuş içinde örnekleyciye yerleştirilmektedir. YHHÖ her örnekleme sürecinden önce kalibre edilmiştir.



Şekil 3.10 Yüksek Hacimli Hava Örnekleycisi (YHHÖ) Şematik Gösterimi

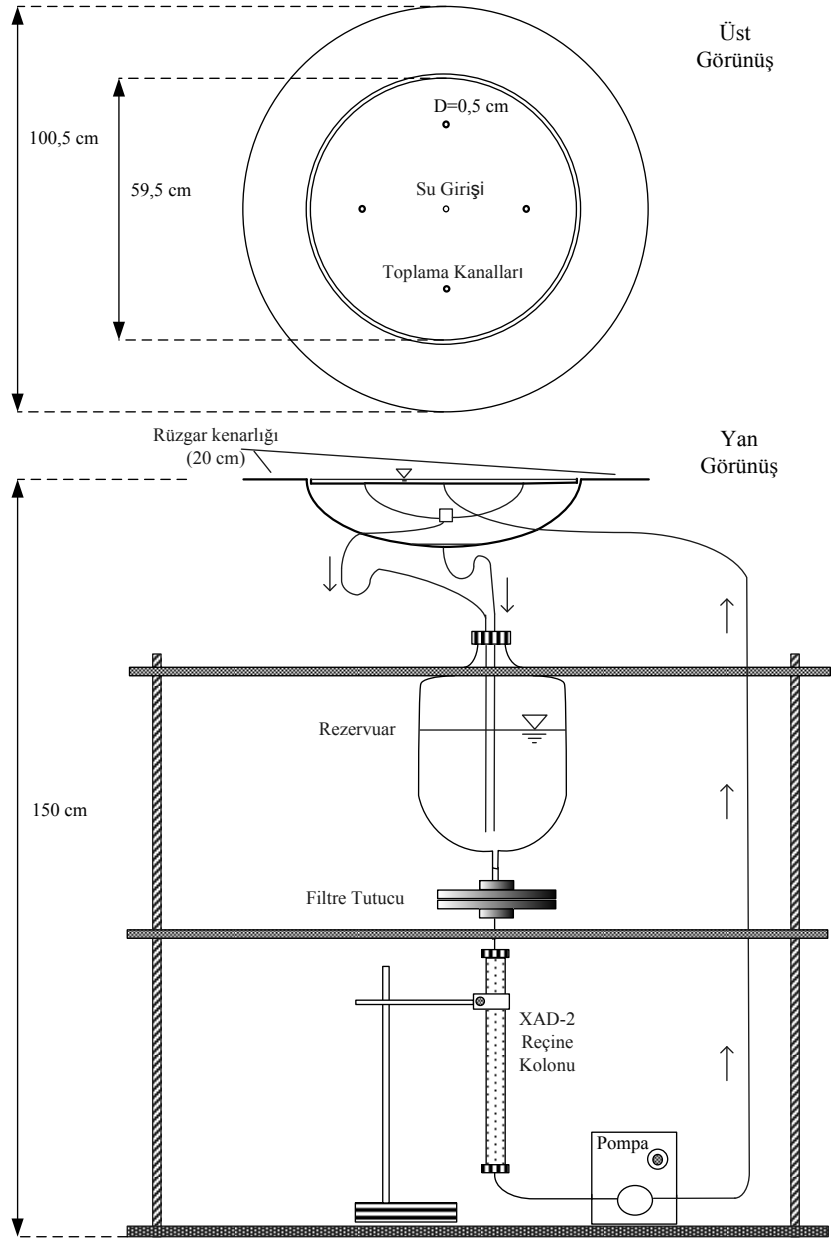
3.2.2. Su Yüzeyi Örnekleycisi (SYÖ)

SYÖ partikül fazdaki PCB'lerin kuru çökme akıllarını ve gazdaki PCB'lerin hava-su değişim akıllarını örnekleme üzere kullanılmıştır. Bu örnekleyci daha önce PCB ve poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi YUOB'lerin ve inorganik bileşiklerin kuru çökme akıllarının tespitinde başarıyla kullanılmıştır (Cindoruk ve Tasdemir 2007c, Tasdemir ve Holsen 2005, Tasdemir ve ark. 2007). Bu çalışmada kullanılan SYÖ'ne ait şematik gösterim Şekil 3.11'de verilmiştir.

SYÖ ile alınan örneler YHHÖ ile alınan örnelerle aynı zamanlarda yanı onlara paralel olarak alınmıştır. Örnekleme süresi yaklaşık 24 saattir ve YHHÖ ile alınan örneler ile aynı örnekleme şartlarında örnekleme yapılmıştır.

Bu örnekleycide 59,5 cm çapında bir tepsi üzerinde 0,5 cm derinliğinde sürekli su temini sağlayacak şekilde suyun devir daim edilmesi esas alınmıştır. Hava ile yaklaşık 2,5-3 dakika teması sağlanan su, 5 L hacmindeki rezervuarda toplandıktan sonra 14 cm çapındaki filtre düzeneğine daha sonra da reçine düzeneğine iletilmektedir. Rezervuarda güneş ışığının etkisiyle oluşabilecek fotokimyasal reaksiyonları önlemek amacıyla rezervuarın etrafı alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Adsorplayıcı reçine olarak Amberlite XAD-2 kullanılmıştır. Toplam 80 g XAD-2 reçinenin kullanıldığı kolon 38 cm uzunluğunda ve 2,5 cm çapındadır. SYÖ'nde tepsideki suyun toplanması için tepside dört adet toplama kanalı (0,5 cm çap) bulunmaktadır. Tepsinin ortasından verilen suyun bekleme süresi sonunda bu kanallar vasıtasıyla teflon hortumlar kullanılarak doğrudan rezervuara iletilmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu SYÖ'nde tepsinin oturtulduğu haznenin alt kısmında muhtemel taşmalar (örneğin rüzgar etkisiyle) sonucu oluşan birikintiler de teflon hortumlarla rezervuara iletilmiştir. Bu sayede, suyun hava ile temasının sadece tepsi üzerinde gerçekleşmesi sağlanmıştır. PCB'leri içeren suyun filtre ve reçine kolonundan geçtikten sonra tamamen temizlendiği kabul edilmiş ve bu su tekrar döngüye katılmıştır. Su döngüsünün sabit, sürekli ve salınımsız bir şekilde devam ettirilmesi Cole Parmer marka dişli-çarklı pompa (gear-pump) kullanılarak sağlanmıştır. 1,5 m yükseklikte bulunan tepsi yüzeyine iletilen suyun debisi BUTAL'de $0,425 \pm 0,0417$ L/dak, Uludağ Üniversitesi'nde $0,405 \pm 0,024$ L/dak, Mudanya'da $0,400 \pm 0,027$ L/dak ve Yavuz Selim'de $0,406 \pm 0,045$ L/dak seviyelerinde değişim göstermiştir.

Tepsi yüzeyinde rüzgar etkisiyle oluşabilecek türbülansı minimuma indirmek amacıyla 20 cm uzunluğunda rüzgar kenarlıklar bulunmaktadır. Hsu (1997) yaptığı çalışmada bu uzunluğun 60 cm'den 6 cm'ye düşürülmesi durumunda toplanan kuru çökeltme akısının da % 10-15 oranında arttığını ortaya koymuştur. Örnekleme süresi yeterli miktarda PCB toplanabilecek şekilde ayarlanmış olup PCB'lerin belirleme limiti (Limit of Detection=LOD) problemlerine yol açmayacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.11 Su Yüzeyi Örnekleyicisi (SYÖ) Şematik Gösterimi

3.2.3. Islak-Kuru Çökme Örnekleyicisi (İKÇÖ)

Literatürdeki çalışmalarda ıslak çökme örnekleri farklı örnekleme yöntemleri ile toplandığı bilinmektedir. Bu çalışmada kullanılan örnekleyci ise yağış sensörü sayesinde yağışlarda ıslak çökme haznesinin, kuru hava şartlarında ise kuru çökme

haznesinin açık olmasını sağlamaktadır. Böylece kuru ve ıslak çökme örneklerinin ayrı olarak toplanmaktadır.

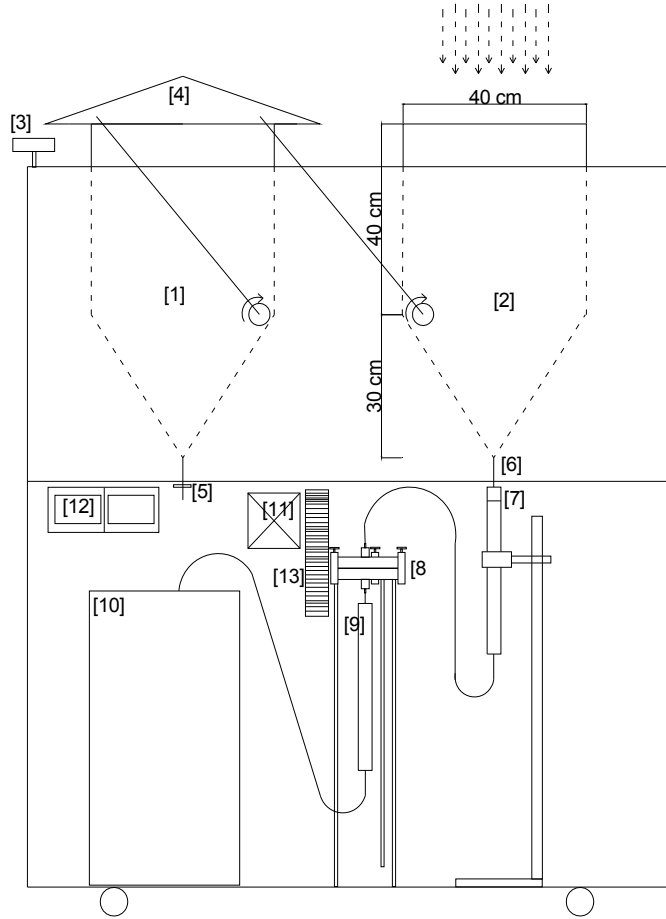
İKÇÖ ile yağışsız zamanlarda kuru çökme yağışlı zamanlarda ise ıslak çökme örnekleri alınmıştır. Bu örnekler, her ayın ilk ve ikinci yarısında toplanmış olup yaklaşık 15 günlük örnekleme sürelerinde oluşmaktadır. Örnekleme döneminde yağış olmaması halinde ıslak çökme örnekleri alınmamıştır.

İKÇÖ'nin tamamı paslanmaz çelik ve teflondan imal edilmiş olup kuru ve ıslak çökme haznelere sahip 2 simetrik bölümden oluşmaktadır (Teknosem Türkiye) (Şekil 3.12). Şekilde [1] ve [2] numaralar ile gösterilen bu haznelerin her birinin yüzey alanı $0,16 \text{ m}^2$ ($0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$), hacmi ise 64 L 'dir. Örnekleme üzerinde bulunan yağış sensörü [3] sayesinde hareketli kapak [4] ile yağış başladığında ıslak çökme haznesinin açılmasını ve kuru çökme haznesinin sıkı bir şekilde kapanmasını, yağış sona erdiğinde ise kuru çökme haznesinin açılarak ıslak çökme haznesinin kapanmasını sağlamaktadır. Bu sayede örnekler kuru ve ıslak çökme örnekleri olarak ayrı ayrı toplanabilmektedir. Örnekleme için ait detaylı resimler Şekil 3.13-3.25'te verilmiştir.

Örnekleme sürelerini belirlemek amacıyla cihaz içerisinde bir saat [4] eklenmiştir. Bu saat kronometre mantığıyla çalışmaktadır ve açık ve kapalı olarak 2 farklı göstergesi bulunmaktadır. Örnekleme sırasında ıslak çökme haznesinin açık olduğu zamanlarda açık kronometresi ilerleyerek diğeri durmaktadır ve böylece ıslak ve kuru çökme örneklerinin süresini göstermektedir. Sürelerin hesaplanması örnekleme başlangıcında ve sonunda açık ve kapalı sürelerinin not edilerek aralarındaki fark ile gerçekleştirilmektedir. Örneğin; açık başlangıç süresi (saat, dakika) 0,00, bitiş süresi 30,00 ve kapalı başlangıç süresi 300,00, kapalı bitiş süresi 400,00 şeklinde okunduysa ıslak çökme haznesi (30,00-0) 30 saat açık kalmış, kuru çökme haznesi ise (400,00-300,00) 100 saat açık kalmış anlamına gelmektedir.

Yıllık örnekleme yapılması planlandığı için kış aylarında ıslak çökme örneklerinin toplanmasına yağışın kar ya da dolu şeklinde olması halinde de devam edilebilmesi,

yağmur sularının filtre ve reçine sistemlerinde donarak akışı durdurulmaması ve reçine kolonunu genişleterek patlatmaması için örnekleyciye bir ısıtıcı [13] yerleştirilmiştir. Yağmur suyunun fazla ısınması durumunda YUOB'in buharlaşma ihtimaline karşı bu ısıtıcının fanlı olması tercih edilmiştir.



- | | | |
|------------------------|-------------------------|---------------------|
| [1] Kuru Çökme Haznesi | [2] Islak Çökme Haznesi | [3] Yağmur Sensörü |
| [4] Hareketli Kapak | [5] Tahliye Vanası | [6] Bağlantı Kanalı |
| [7] Su Haznesi | [8] Filtre Tutucu | [9] Reçine Kolonu |
| [10] Bidon | [11] Motor | [12] Saat |
| [13] Isıtıcı | | |

Şekil 3.12 Islak-Kuru Çökme Örnekleycisi (IKÇÖ) Şematik Gösterimi

Örnekleme süresince yağışsız zamanlarda atmosfere açık olan kuru çökeltme haznesi [1] ile kuru çökeltme örnekleri alınmıştır. Kuru çökeltme haznesi kuru bir yüzeydir yani içerisinde su gibi gaz fazdaki kirlilikleri absorblayabilecek bir tutucu bulunmamaktadır. Bu nedenle toplanan kuru çökeltme örnekleri partikül fazı temsil etmektedir.

Hazne yüzeyi ACE/HEX ile silinerek yüzeydeki kirlilikler ve haznedeki (yaprak, toprak, vb.) partikül formdaki kirlilikler haznenin alt tarafında bulunan tahliye vanası [5] açılarak örnek şişesine alınmıştır.

Örnekleme süresince yağışlı zamanlarda ise ıslak çökeltme örnekleri toplanmıştır. Örnekleme üzerinde bulunan yağış sensörü, hazne kapaklarını açacak bir motora [11] bağlı olup yağış algıladığında ıslak çökeltme haznesinin açılmasını ve yağış durduğunda (sensör kurduğunda) kapanmasını sağlamaktadır. Haznelerin simetrik olmaları hazne kapağının her 2 hazneyi de tamamen kapatmasını sağlamaktadır.

Islak çökeltme haznesine gelen yağmur suları beklemelerine gerek kalmadan daralan bir hazneye bağlı kanal (teflon) [6] yardımıyla, su haznesine [7] ilerlemektedir. Filtre tutucunun [8] hava yapmaması ve yağış başladığında yağmur sularının sorunsuzca filtreden geçebilmesi için ıslak çökeltme haznesinin altına su haznesi yerleştirilmiştir. Filtre tutucunun sürekli ıslak kalmasını sağlamak amacıyla her örnekleme başlangıcında belirli miktarda (1L) saf su ıslak çökeltme haznesine eklenerek su haznesinde depolanmıştır. Filtre tutucu ile su haznesi arasındaki kot farkı ayarlanarak eklenen suyun yavaş bir şekilde filtre tutucuya geçmesi ve örnekleme dönemi boyunca (ya da yağış başlayana kadar) filtre tutucunun ıslak kalması sağlanmıştır.

Yağışın başlamasıyla yer çekimi yardımı ile yağmur suları ıslak çökeltme haznesinden su haznesine oradan da yağmur suyunda bulunan partikül formdaki YUOB'leri tutacak filtre tutucuya ilerlemektedir. Filtre tutucu içerisinde 14,2 cm çaplı cam elyaf filtre (Sartorius) bulunmaktadır. Partikül faz YUOB'lerin tutulmasının ardından yağmur suyu reçine kolonundan [9] geçmektedir. Reçine kolonunda çözünmüş formdaki YUOB'leri tutacak 70-80 g. XAD-2 reçine (Amberlite Supelco) bulunmaktadır. Reçine kolonundaki geçişi tamamlanan yağmur suyu, örnekleme

dönemine ait hacminin belirlenmesi amacıyla bir bidonda [10] toplanmaktadır. Islak çökme haznesinin altına yerleştirilen filtre tutucu ve reçine kolunu sayesinde cihaz, ıslak çökme örneklerinin çözünmüş ve partikül formlarda ayrı ayrı toplayabilecek hale getirilmiştir.

Islak çökme örnekleri filtre ve reçine örneklerinin aseton/hegzan (ACE/HEX) yardımıyla ayrı şişelere aktarılması ile alınmıştır. Buna ek olarak ıslak çökme haznesinin aseton/hegzan ile ıslatılmış peçete yardımıyla silinmiş ve bu peçete filtre örneklerine dahil edilmiştir. Ayrıca su haznesindeki yağmur suyu tamamen süzöldükten sonra (partikül birikimi olma ihtimaline karşı) hazne yüzeyi ACE/HEX ile durulanıp ıslak çökme filtre örneğine aktarılmıştır.

Örnekler alındıktan sonra hazneler ACE/HEX ile yıkanarak temizlenmiş ve yeni örnekler için hazır hale getirilmiştir. Alınan ıslak (çözünmüş ve partikül fazda) ve kuru çökme örnekleri analiz için laboratuara getirilmiş ve 82 PCB türü için analiz edilmiştir.



Şekil 3.13 IKÇÖ'nin Önden (Kuru Çökme Haznesi Kapalı) Görünüşü



Şekil 3.14 IKÇÖ'nin Önden (Islak Çökelme Haznesi Kapalı) Görünüşü



Şekil 3.15 IKÇÖ'nin Yandan Görünüşü



Şekil 3.16 İKÇÖ Hazne Girişlerinin ve Hareketli Kapağın Görünüşü



Şekil 3.17 İKÇÖ Haznelerinin ve Hareketli Kapağın Üstten Görünüşü



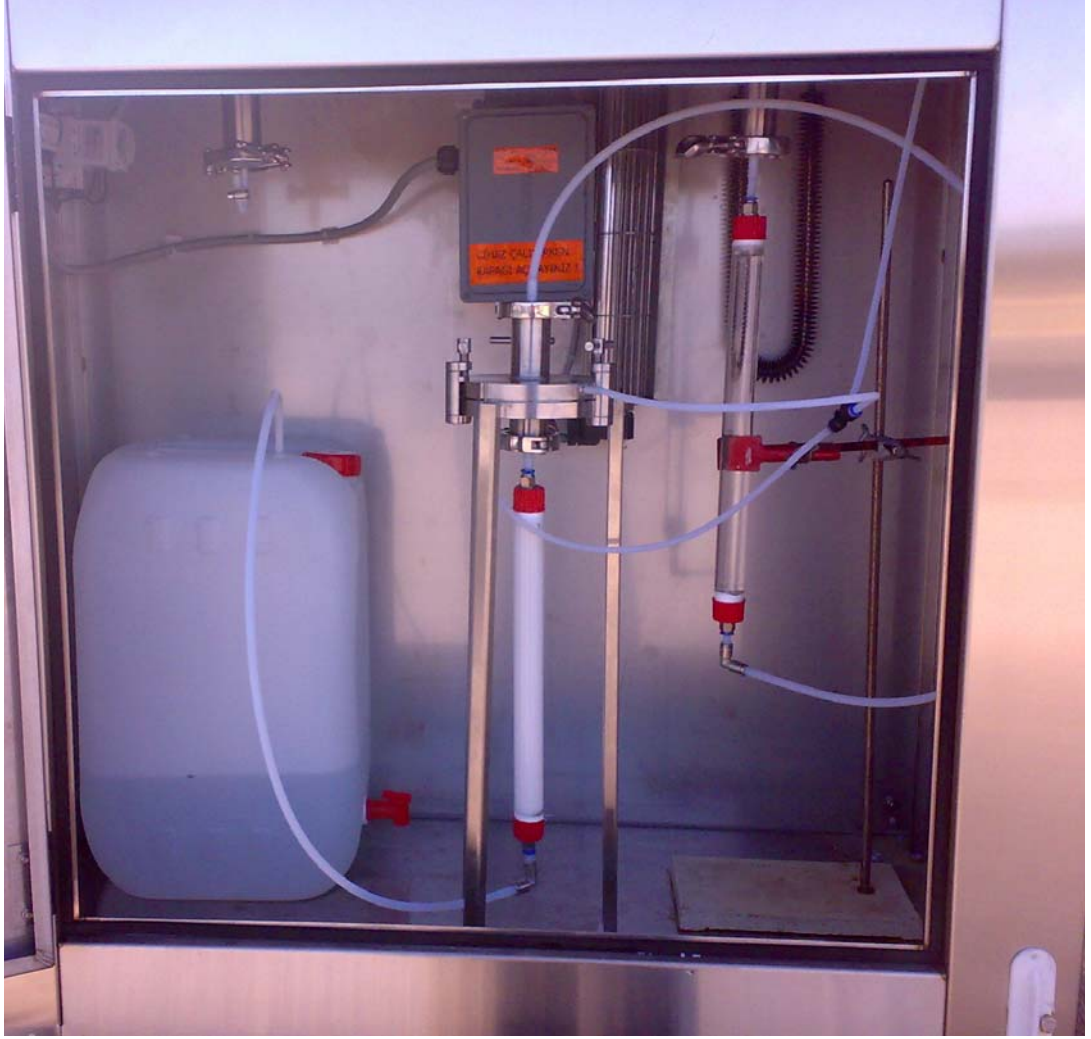
Şekil 3.18 IKÇÖ Kuru Çökelme Haznesinin Görünüşü



Şekil 3.19 IKÇÖ Islak Çökelme Haznesinin Görünüşü



Şekil 3.20 IKÇÖ'nin Önden Görünüşü (İç Detaylar)



Şekil 3.21 IKÇÖ'deki İç Sistemlerinin Görünüşü



Şekil 3.22 Islak çökelme haznesi çıkışı ve su haznesi



Şekil 3.23 Filtre tutucu



Şekil 3.24 Reçine Kolonu



Şekil 3.25 Yağmur Suyu Bidonu

3.3 Temizleme Prosedürü

Örnekleme başlamadan önce örneklemede kullanılacak tüm cam malzemeler, kimyasallar ve ekipmanlar ön işleme tabi tutulmuştur. Bu işlemler aşağıda izah edilmiştir.

Tüm cam malzemeler birkaç kez sıcak musluk suyuyla yıkanmıştır. Daha sonra sırasıyla saf su, ve aseton (ACE) ile çalkalanıp 110 °C'de 1 gece kurumaya bırakılmıştır. Cam malzemeler kurutulduktan sonra alüminyum folyo ile sarılmıştır.

YHHÖ, SYÖ ve IKÇÖ'inde kullanılacak olan cam elyaf filtreler önce gevşek bir şekilde alüminyum folyoya sarılmış ve 450 °C'lik fırında 1 gece bekletilmiştir. Daha sonra 110 °C'ye kadar fırın içinde soğuması beklenen filtreler dışarıya alınmış ve buzdolabında örnekleme kadar saklanmıştır.

PUF ve XAD-2 reçine sokslet içine yerleştirildikten sonra sırasıyla saf su, MeOH (metanol), DCM (diklorometan) ve ACE/HEX (aseton/hekzan) karışımı ile 24 saat ekstrakte edilmiştir. PUF ve reçine ayrı ayrı ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyondan sonra XAD-2 reçine bulamaç halinde temiz bir behere konmuş ve ağzı alüminyum folyo ile kapatıldıktan sonra 60 °C'de kurutulmuştur. Oda sıcaklığına geldikten sonra temiz, teflon kapaklı bir şişeye alınıp derin dondurucuda saklanmıştır. Ekstraksiyondan alınan PUF ise alüminyum folyo ile sarılmış bir behere konularak 50 °C'de kurutulmuştur. Oda sıcaklığına geldikten sonra cam bir kavanoza alınmış ve buzdolabında saklanmıştır.

Sodyum sülfat (Na_2SO_4) ve alümina ayrı beherler içine konup ağızları alüminyum folyo ile gevşek bir şekilde kapatıldıktan sonra 450 °C'lik fırında 1 gece bekletilmiştir. Sıcaklıkları oda sıcaklığına düştükten sonra teflon kapaklı şişelerde saklanmışlardır.

Silisik asit (Silika jel) beher içine konup ağızları alüminyum folyo ile gevşek bir şekilde kapatıldıktan sonra 110 °C'lik fırında 1 gece bekletilmiştir. Sıcaklığı oda sıcaklığına düştükten sonra teflon kapaklı şişelerde saklanmışlardır.

3.4 PCB Analizi

3.4.1 Örnek ekstraksiyonu

YHHÖ'ye ait filtre, PUF kartuşu ve SYÖ'ye ait filtre, XAD-2 reçine örnekleri ayrı ayrı ekstrakte edilmiştir. Örnekleme sonunda örnekleyicilerden çıkarılan örnekler, teflon kapaklı kaplarda laboratuara getirilmiş ve ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işlemleri için ultrasonik banyo ve sokslet ekstraktör kullanılmıştır. Bütün örneklere ekstraksiyon öncesinde verim standardı eklenmiştir.

YHHÖ'den alınan PUF kartuşları DCM/PE (diklorometan/petrolüm eter) 1/4 (Hacim/Hacim) oranında karıştırılan çözgen ilavesi ile 24 saat sokslet ekstraktör ile ekstrakte edilmiştir. Soğuması beklenen bu çözelti daha sonra teflon kapaklı bir şişeye alınmış ve etiketlendikten sonra derin dondurucuda yoğunlaştırma (hacim azaltma) işlemine kadar saklanmıştır.

YHHÖ'den alınan filtre örnekleri tartıldıktan sonra kavanoza koyulur. Üzerine 1/1 (hacim) oranında karıştırılmış 50 ml. ACE/HEX eklenerek ultrasonik banyoda 3 kez 30 dak. süre ile ekstrakte edilir. SYÖ'nden alınan filtre örnekleri ile IKÇÖ ile alınan filtre ve kuru çökeltme örneği aynı şekilde (3 kez 30 dak.) 50 ml. ACE/HEX ile ultrasonik banyoda ekstrakte edilir. SYÖ'nden alınan reçine örnekleri ile IKÇÖ ile alınan reçine örnekleri ise aynı yöntemle 150 ml. ACE/HEX ile ultrasonik banyoda ekstrakte edilir. Yöntemlerdeki farklılık örnek şişesi içindeki katı fazdaki örneğin üzerini geçecek seviyede çözgen ilave edilmesinin gerekliliğinden ileri gelmektedir.

3.4.2 Hacim azaltma

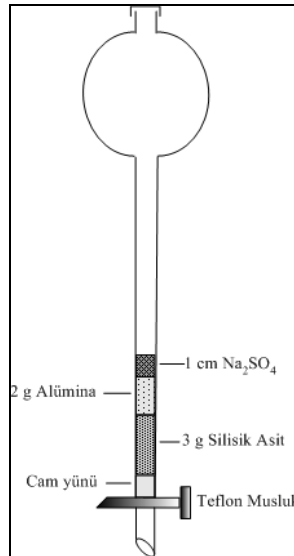
Hacim azaltma işlemleri döner buharlaştırıcı ve azot gazı (N₂) ile gerçekleştirilmiştir. PCB analizinin bu basamağının amacı; çözgen hacmini azaltarak PCB konsantrasyonunu arttırmak ve çözgeni PCB kaybı olmadan döner buharlaştırıcı kullanarak hezvana dönüştürmektir. ACE/HEX ve DCM/PE çözgenleri döner buharlaştırıcı vasıtası ile buharlaştırılarak hacimleri yaklaşık 5 mL'ye kadar

azaltılmıştır. Kalan hacmin üzerine 15 mL HEX eklenerek tekrar 5 mL'ye kadar hacim azaltılmıştır. Bu işlem 2 kez tekrarlanmış ve örnek, HEX içine alınmıştır. Örneği içeren 5 mL'lik hekzan çözeltisi ve döner buharlaştırıcı balonunun çalkalanmasında kullanılan 15 mL hekzan 40 mL'lik örnek şişesine aktarılmıştır. Yaklaşık 20 mL olan örnek hacmi, yavaş bir N₂ akımı ile 2 mL'ye kadar azaltılmıştır. Bir sonraki aşamaya kadar şişeler etiketlenip derin dondurucuda saklanmıştır.

3.4.3 Fraksiyonlarına Ayırma ve Temizleme

Örnek içerisinde bulunan PAH, PCB ve OCP kirliliklerinin benzer yapıları dolayısıyla analizini kolaylaştırmak amacıyla iki fraksiyona ayrılmaktadır. PCB'ler bir şişede, OCP ve PAH'lar diğer bir şişede olacak şekilde ayrılmaktadır. Bu işlem temizleme kolonu ile gerçekleştirilmektedir.

Hacimleri 2 mL'ye düşürülen örnekler, içerisinde sırasıyla 3 g Silisik asit, 2 g Alümina ve 1 cm yüksekliğinde Na₂SO₄ bulunan ve iç çapı 1,5 cm olan cam kolondan geçirilerek temizlenmiş ve fraksiyonlarına (PAH, PCB) ayrılmıştır (Şekil 3.26). Temizleme kolonunda kullanılan kimyasalların deaktivasyon ve aktivasyonları aşağıda belirtilen şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.26 Temizleme Kolonu

Silisik asitin (Fluka 60780, Silicic Acid Hydrate) (Silika jel) aktivasyonu 100 ± 20 °C'lik fırında ağzı alüminyum folyo ile kaplı beherde bir gece bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığına gelene kadar beklendikten sonra tartılmış ve teflon kapaklı şişelerde saklanmıştır. Kullanımından önce ise ağırlıkça %3 olacak şekilde (3 g silisik asite enjektör ile 100 µL) saf su ilave edilip iyi karışım sağlanana kadar kapağı kapatılıp karıştırılmış ve deaktivasyonu sağlanmıştır.

Alümina (Fluka 17994 Aluminum Oxide for Chromatography) ağzı alüminyum folyo ile sarılı beherde 450 ± 20 °C'lik fırında bir gece bekletilerek aktive edilmiştir. Oda sıcaklığına gelene kadar beklendikten sonra tartılmış ve teflon kapaklı şişelerde saklanmıştır. Kullanımından önce ise ağırlıkça %6 olacak şekilde (2 g silisik asite enjektör ile 120 µL) saf su ilave edilip iyi karışım sağlanana kadar kapağı kapatılıp karıştırılmış ve deaktivasyonu sağlanmıştır.

Deaktive edilen silika ve alümina ile Na_2SO_4 kolona sırasıyla koyulmuştur. Temizleme kolonu önce 20 mL DCM ardından 20 mL PE ile yıkanarak olası kirliliklere karşı temizlenmiştir. Ardından 2 mL hekzanın içinde bulunan örnek kolona boşaltılmıştır. Kolonun altına PCB fraksiyonunu toplayacak 40 mL'lik şişe konulmuştur. 2 mL'lik örnek süzöldükten sonra 25 mL PE kolona ilave edilmiş ve aynı şişede toplanmıştır. PE tamamen süzöldükten sonra kolonun altındaki şişe değiştirilmiş ve kolona 20 mL DCM eklenmiştir. DCM ile toplanan örnek ise PAH bileşiklerini içeren fraksiyondur.

Yaklaşık 25 mL olan PCB fraksiyonunun hacmi N_2 ile 5 mL'ye indirilmiş ve üzerine 15 mL hekzan ilave edilmiştir. Bu işlem 2 kez tekrar edilmiştir. Ve son olarak hacmi 2 mL'ye indirilmiştir.

Çözgeni hekzana çevrilen 2 mL'lik örnek, sülfürik asitle yıkamaya tabi tutulmuştur. Bunun için 1 mL sülfürik asit 2 mL'lik örneğe ilave edilmiş ve iyice çalkalandıktan sonra 1 dakika santrifüjlenmiştir. Üstte kalan örnek kısmı dikkatli bir şekilde pipetle alınıp başka temiz bir şişeye alınmıştır. Daha sonra, asit içindeki muhtemel PCB kalıntılarını tutmak için 0,5 mL HEX şişeye eklenmiş ve çalkalandıktan sonra tekrar

pipet yardımıyla alınmıştır. Saf azot gazı ile 1 mL'ye indirilen örnekler gaz kromatograf (GC) analiz edilmek üzere teflon kapaklı şişelere (vial) alınmış ve etiketlenerek derin dondurucuda saklanmıştır.

3.4.4 Gaz kromatograf-mikro elektron yakalama dedektörü (GC- μ ECD) analizi

Gaz kromatograf analizleri HP 7890A GC- μ ECD (Mikro-Electron Capture Detector) (Hewlett-Packard, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. PCB okumalarında kullanılan sıcaklık programı: fırın sıcaklık programı 70 °C (2 dak), 25 °C/dak ile 150 °C'ye, 3 °C/dak ile 200 °C'ye, 8 °C/dak ile 280 °C'ye çıkış ve 8 dak 280 °C'de bekletme, 10 °C/dak ile 300 °C'ye çıkış ve 2 dak bekletme. Inlet sıcaklığı 250 °C'de dedektör sıcaklığı ise 320 °C'de tutulmuştur. Taşıyıcı gaz (Helyum), make-up gazı olarak N₂ kullanılmıştır. Helyum 1.9 mL/dak ayrımsız ayrımsız (splitless) (1 dak sonra ayırım vanası açılır) 25 mL/dak tasfiye debisi olacak şekilde ayarlanmıştır. Capillary column olarak HP5-MS, 30mx0.32mmx0.25 μ m (Agilent 19091J-413) kullanılmıştır. GC- μ ECD kalibrasyonu içerisinde 84 adet PCB türü bulunan ve 0.05-25 ng/ml arasında 5 farklı konsantrasyondaki standart ile yapılmıştır. Her 25 örnek enjeksiyonundan sonra ortadaki standart okutularak stabilite kontrolü yapılmıştır. PCB tür tayini çıkış süreleri baz alınarak yapılmıştır. Instrument detection limit (IDL) 1 μ L'lik enjeksiyon için 0.1 pg olarak belirlenmiştir

3.5 Kalite Kontrol ve Kalite Güvenilirliği

Bu çalışmada PCB'lerin atmosferik konsantrasyonları, ıslak ve kuru çökeltme akıllarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada izlenen yöntemin ve elde edilen sonuçların doğru ve güvenilir olması için uluslararası literatürde kabul görmüş uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Cindoruk 2007, Taşdemir 1997). Yapılan işlemler örnek toplamadan gerçek örnek değerinin hesaplanmasına kadar işlem sırası ile aşağıda anlatılmaktadır.

1.Örnekleyicilerde kullanılan sorblayıcı malzemeler (filtre, reçine, PUF) ile analiz işlemleri sırasında kullanılan malzemeler için yapılan ön işlemler temizleme prosedürü

bölünde anlatılmış olup bu işlemlerdeki amaç malzemeler üzerinde bulunabilecek organik kirliliklerin giderilmesidir.

2.Örnekleyicilerden alınan örneklerin ıslak tutulmasına yani tamamının sıvı ile dolu olmasına dikkat edilmiş ağzı teflon kapakla kapatılıp laboratuara taşınmıştır. Bekletilmeden ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur

3.Güvenilirlik amacıyla bazı analitik standartlar kullanılmıştır. Bunların ilki çalışmada ölçülen 82 PCB türünü içeren kalibrasyon standardıdır. GC analizinde kalibrasyon işlemi HEX içindeki standart çözeltinin 1 µL'lik enjeksiyonları ile 5 farklı konsantrasyon (1-100 ng/mL) değerinde ve 4 grup halinde gerçekleştirilmiştir. İkinci standart örneklerin analitik verimini yani ekstraksiyon, yoğunlaştırma, temizleme, fraksiyonlarına ayırma ve şişeleme işlemleri sırasında meydana gelebilecek kayıpları hesaba katmak amacıyla kullanılan verim (Surrogate) standardıdır. Bir diğer standart ise hacim düzeltme amacıyla kullanılan (internal) standarttır.

4.Örneklerin %10'u kadar şahit örnekler alınmıştır. Şahitler, örneklemede kullanılan malzemelerin temizleme işlemleri gerçekleştirildikten sonra örneğin alınmasına kadar geçen sürede gerçekleşen kirlenmeleri belirlemek amacıyla alınmıştır. Şahitlerin ölçümü sonucunda elde edilen değerler örneklerde elde edilen değerlerden çıkarılarak şahit düzeltilmesi gerçekleştirilmektedir.

5.Şahitlerde ölçülen PCB miktarının (ng) ortalamasına standart sapmalarının 3 ile çarpılıp eklenmesi ile bulunmuştur ($LOD = \text{Ortalama} + 3 \times \text{standart sapma}$). Her örnekte her PCB türüne ait miktar belirlendikten sonra bu değer LOD değeri ile kıyaslanmıştır. PCB miktarının LOD değerinden küçük olduğu durumlarda ihmal edilmiş ve hesaplamalara katılmamıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Atmosferik Konsantrasyonlar

4.1.1. BUTAL örnekleme bölgesi

Örnekleme dönemi süresince YHHÖ ile 34 adet 24 saatlik atmosferik hava örnekleri toplanmıştır. Bu örnekler bir aylık sürenin ilk ve ikinci yarısında ikişer örnek olacak şekilde alınmıştır. 30 günlük dönemlere ait ortalama (ortalama \pm SS) konsantrasyon değerleri partikül ve gaz fazlar için Çizelge 4.1’de verilmiştir. Dönemsel konsantrasyon değişimleri arasında istatistiksel olarak önemli bir değişim bulunamamıştır. Örneklerde hedeflenen 82 PCB türünden 81 türe konsantrasyon örneklerinde rastlanmıştır. Konsantrasyon örneklerinin havada ölçülen Σ PCB değerleri gaz faz için 370 ± 200 pg/m³, partikül faz için ise 20 ± 20 pg/m³ seviyelerinde bulunmuştur. Bu değerler aynı bölgede daha önce Ağustos 2004 - Mayıs 2005 arasında yapılan çalışmanın sonuçları (Cindoruk ve Tasdemir 2007b) ile karşılaştırıldığında daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu fark bir önceki çalışmada daha az PCB türünün (37) incelenmiş olmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 4.1 BUTAL Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik PCB Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi

Aylar	Atmosferik Konsantrasyon (pg/m ³)	
	Partikül Faz	Gaz Faz
Haziran 2008	76,01 \pm 47,77	531,96 \pm 140,44
Temmuz 2008	20,16 \pm 9,81	299,97 \pm 94,75
Ağustos 2008	18,79 \pm 4,60	469,46 \pm 316,95
Eylül 2008	9,57 \pm 2,00	671,08 \pm 340,55
Ekim 2008	20,62 \pm 8,33	320,14 \pm 82,471
Kasım 2008	19,59 \pm 7,36	383,20 \pm 219,78
Ocak 2009	8,77 \pm 4,76	483,80 \pm 136,61
Şubat 2009	8,21*	182,88 \pm 79,73
Nisan 2009	8,96*	182,02 \pm 116,65
Mayıs 2009	6,47*	218,81 \pm 129,56
Haziran 2009	14,91 \pm 8,61	412,24 \pm 4,01
Haziran 2009	9,47 \pm 6,55	508,58 \pm 84,76

*:Veri azlığı nedeniyle standart sapma hesaplanamamıştır.

Gaz/partikül faz dağılımında partikül oranının (~% 5) daha düşük olması literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Miller ve ark. 2001, Yeo ve ark. 2003). PCB'lerin homolog gruplara göre dağılımı genel olarak klor sayısının artmasıyla azalma eğilimindedir ve Σ PCB konsantrasyonlarının gazlarda % 64'ünü 3-, 4- ve 5- klorlu türler, partiküllerde ise % 82'sini 3-, 4-, 5- ve 6- klorlu türler oluşturmaktadır.

4.1.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi

Uludağ Üniversitesi örnekleme noktasından YHHÖ ile ~12 saatlik dış ortam konsantrasyon örnekleri (n=66) alınmıştır. Bu örneklerde hedeflenen 82 PCB türünün 81'i ile (PCB#206 hariç) gaz faz konsantrasyonlarında karşılaşılrken partikül faz konsantrasyonlarda 77 türe (PCB#61, 70, 135, 144, 172 hariç) rastlanmıştır. Örneklerin analizlenmesi sonucunda havada ölçülen yıllık ortalama PCB değerleri gaz faz için $420 \pm 275 \text{ pg/m}^3$, partikül faz için ise $75 \pm 105 \text{ pg/m}^3$ seviyelerinde bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bu bölgede elde edilen değerler diğer bölgelere göre daha yüksektir.

YHHÖ ile alınan örnekler sadece bu bölgede gece ve gündüz örnekleri olarak ayrı ayrı alınmıştır. Gaz ve partikül fazlar için sırasıyla gece örneklerinde $425 \pm 340 \text{ pg/m}^3$, $50 \pm 85 \text{ pg/m}^3$ ve gündüz örneklerinde $415 \pm 210 \text{ pg/m}^3$, $100 \pm 120 \text{ pg/m}^3$ seviyelerindedir. Gece ve gündüz elde edilen değerlerin gaz/partikül dağılımı incelendiğinde her iki zaman diliminde de çözülmüş fazların daha yüksek oranlara sahip olduğu belirlenmiştir. Partikül faz konsantrasyonlarının toplam konsantrasyondaki oranı gece örneklerinde % 11 gündüz örneklerinde % 17 olarak belirlenmiştir. Üniversite içerisindeki ve etrafındaki trafik hareketliliğinin ve rüzgar hızlarının gündüzleri daha yüksek olduğu düşünülürse gaz/partikül dağılımının bu şekilde değişmesi olağan bir durum olarak nitelendirilebilir. Toplam PCB gaz ve partikül konsantrasyonlarının dağılımları sırasıyla % 86 ve % 14'dür ve bu oran daha önce bu bölgede yapılan çalışmadaki değer ile benzerdir (Cindoruk ve Tasdemir 2007a).

PCB kaynaklarının örnekleme noktasına uzak olduğu durumlarda PCB'lerin uzun bozunma sürelerine bağlı olarak düşük moleküler ağırlıklı türlerin daha yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olduğu bilinmektedir. Nitekim bu bölgede elde edilen

homolog grupların dağılımına bakıldığında partikül fazlarda 3-, 4- ve 6- klorlu türler baskınken gaz fazda - nispeten daha düşük moleküler ağırlıklara sahip 2-, 3- ve 4- klorlu türlerin baskın olduğu görülmektedir. Ancak konsantrasyonların homolog gruplara göre salınımlı bir değişim göstermiştir ve bu durumun homolog gruplara ait tür sayılarının farklı olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.2 Uludağ Üniversitesi Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik PCB Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi

Aylar	Atmosferik Konsantrasyon (pg/m ³)	
	Partikül Faz	Gaz Faz
Haziran 2008	204,65±237,87	533,02±166,54
Temmuz 2008	185,58±129,98	393,46±239,23
Ağustos 2008	33,20±26,84	543,86±160,30
Eylül 2008	52,61*	318,47±257,74
Ekim 2008	55,57*	238,52*
Kasım 2008	78,67±60,61	593,08±482,60
Ocak 2009	105,07±29,84	635,12±7,77
Şubat 2009	52,15*	206,17*
Nisan 2009	111,88±155,63	310,51±177,96
Mayıs 2009	29,24±20,20	369,78±197,45
Haziran 2009	90,752±43,47	300,48±103,78

*:Veri azlığı nedeniyle standart sapma hesaplanamamıştır.

4.1.3. Mudanya örnekleme bölgesi

Mudanya örnekleme noktasından YHHÖ ile alınan 24 saatlik dış ortam konsantrasyon örneklerinin (n=34) ölçülen PCB değerleri gaz faz için 530 ± 290 pg/m³, partikül faz için ise 92 ± 115 pg/m³ seviyelerinde bulunmuştur (Çizelge 4.3). Bu çalışmada, daha önce kıyı kentlerde (Gevao ve ark. 1998, Mandalakis ve Stephanou 2002) ve 2004-2005 yıllarında Uludağ Üniversitesi bölgesinde (Cindoruk ve Tasdemir 2007c) yapılan çalışmalarda bulunan değerlerden daha yüksek, 2004-2005 yıllarında Bursa'da endüstriyel alanda (Cindoruk ve ark. 2007) yapılan çalışmalardan ise daha düşük PCB konsantrasyonları bulunmuştur. Nispeten yüksek konsantrasyon değerlerinin bulunmasının sebepleri arasında; PCB'lerin hem kirlenmiş olan Marmara

Denizi'nden buharlaşması hem de Mudanya'nın çevresinde bulunan sanayi kentlerinden (İstanbul, Gemlik, Bandırma, Tekirdağ) örnekleme noktasına taşınım gösterilebilir. Ayrıca, yaklaşık 50.000 nüfuslu bir yerleşim yeri olan Mudanya'nın çeşitli antropojenik faaliyetlerden dolayı PCB'ler açısından kırsal bölgelere göre pek de temiz bir atmosfere sahip olamayacağı da aşıkardır.

Hedeflenen 82 PCB türünün herbiri ile gaz faz örneklerinde karşılaşılrken partikül faz örneklerinde 65 türe rastlanmıştır. Toplam PCB gaz ve partikül konsantrasyonlarının dağılımları sırasıyla % 85 ve % 15'dir ve daha önce Bursa'da yarı-kentsel alanda yapılan çalışmadaki ile benzerdir (Cindoruk ve Tasdemir 2007a). Gaz ve partikül fazlar için homolog gruplara göre değişim incelendiğinde her iki faz için de elde edilen PCB değerlerinde genellikle düşük molekül ağırlıklı PCB türlerinin (2-, 3- ve 4- klorlular) baskınlık gösterdiği ve 4-9 klorlu klorlularda klor sayısı arttıkça konsantrasyonun azaldığı görülmüştür. Bu homolog dağılımı genellikle literatürdeki dağılımlar ile de uygunluk göstermektedir (Gouin ve ark. 2005, Manodori ve ark. 2006). Yüksek moleküler ağırlığa sahip türlerin daha çok partikül fazda bulunma eğilimleri 6-, 7-, 8- ve 9- klorlu türlerde partikül faz konsantrasyon yüzdelerinin daha yüksek olmasını sağlamıştır.

Atmosferik PCB konsantrasyonlarının meteorolojik koşullara bağlı olarak belli oranlarda salınım göstermesi muhtemeldir. Çizelge 4.3'te örneklerdeki PCB konsantrasyon seviyeleri gaz ve partikül fazlar için verilmiştir. Zamana bağlı olarak PCB konsantrasyon değişimleri incelendiğinde sıcak aylardaki değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun başlıca sebebi sıcaklığın artmasıyla yüzeylerden olan PCB buharlaşmasının artmasıdır. Partikül ($r^2=0,19$, $p<0,05$) ve gaz faz ($r^2=0,56$, $p<0,05$) konsantrasyonlarının sıcaklık ile arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmuş olması da bu durumu açıklar niteliktedir. Partikül faz konsantrasyonları ile nem arasında bir ilişki bulunamamasına rağmen ($p>0,05$), rüzgar hızı ile PCB konsantrasyonlarının değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($r^2=0,17$, $p<0,05$). Gaz faz konsantrasyonlarının rüzgar hızı ile arasında ise istatistiksel bir ilişki bulunamamış ($p>0,05$) ancak nem ile değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($r^2=0,12$, $p<0,05$). Yönlere göre en yüksek rüzgar hızı ortalaması batı, konsantrasyonlarının

sıcaklık ile arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmuş olması da bu durumu açıklar niteliktedir. Partikül faz konsantrasyonları ile nem arasında bir ilişki bulunamamasına rağmen ($p>0,05$), rüzgar hızı ile PCB konsantrasyonlarının değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($r^2=0,17$, $p<0,05$). Gaz faz konsantrasyonlarının rüzgar hızı ile arasında ise istatistiksel bir ilişki bulunamamış ($p>0,05$) ancak nem ile değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($r^2=0,12$, $p<0,05$). Yönlere göre en yüksek rüzgar hızı ortalaması batı, kuzeydoğu ve kuzeybatı rüzgarlarına ait olup hızları sırasıyla 2,4, 2, 1,8 m/s'dir. Kuzeybatı rüzgarlarının yüksek PCB konsantrasyonlu olması Marmara Denizi'nden PCB'lerin buharlaşması ve sanayi bölgelerinden (Tekirdağ, İstanbul) uzun mesafeli taşınma ile açıklanabilir.

Çizelge 4.3 Mudanya Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik PCB Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi

Aylar	Atmosferik Konsantrasyon (pg/m^3)	
	Partikül Faz	Gaz Faz
Haziran 2008	-*	708,25**
Temmuz 2008	310,08±294,69	839,05±100,93
Ağustos 2008	279,10±46,40	982,81±40,33
Eylül 2008	173,16±140,61	896,02±70,61
Ekim 2008	90,64±66,66	579,87±94,25
Kasım 2008	19,04±4,72	416,15±154,67
Aralık 2008	67,94±40,88	163,30±94,978
Ocak 2009	38,37±36,32	137,31±88,001
Mart 2009	49,92±17,22	351,32±99,544
Nisan 2009	31,67±5,23	326,08±159,86
Mayıs 2009	22,67±2,91	575,16±164,95
Haziran 2009	24,72±6,01	615,04±220,74

*:Örnek bulunmamaktadır.

** : Veri azlığı nedeniyle standart sapma hesaplanamamıştır.

4.1.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi

Haziran 2008 – Haziran 2009 dönemleri arasında YHHÖ ile 37 adet dış hava örnekleri alınmış olup 82 PCB türü analizlenmiştir. Hedeflenen türlerden her birine konsantrasyon örneklerinde rastlanmıştır. \sum_{82} PCB konsantrasyonları gaz faz için

325±80 pg/m³ ve partikül faz için 35±20 ng/m³ değerlerini almıştır (Çizelge 4.4). Kış aylarında görülen PCB konsantrasyonlarının ~1,7 katı yaz aylarında görülmüştür. Bu da sıcaklığın etkisiyle yüzeylerden oluşan buharlaşmadan kaynaklanmaktadır (Bozlaker ve ark. 2008, Ozcan ve Aydın 2009). Partikül faz konsantrasyonları ile sıcaklık ve rüzgar hızı arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunurken, nem ile konsantrasyonun negatif yönlü olarak değiştiği görülmüştür ($r_g^2 = 0,114$, $r_{\text{partikül}}^2 = 0,06$, $p_g < 0,05$, $p_{\text{partikül}} < 0,05$).

Çizelge 4.4 Yavuz Selim Bölgesinde Elde Edilen Atmosferik PCB Konsantrasyon Değerlerinin Aylara göre değişimi

Aylar	Atmosferik Konsantrasyon (pg/m ³)	
	Partikül Faz	Gaz Faz
Haziran 2008	60,66±2,22	393,37±5,89
Temmuz 2008	38,56±36,84	374,36±45,71
Ağustos 2008	21,75±7,91	333,02±68,91
Eylül 2008	87,81*	256,43±75,77
Ekim 2008	56,63±20,95	314,44±74,73
Kasım 2008	22,24±1,95	191,46±162,62
Aralık 2008	22,44±15,58	285,77±38,25
Ocak 2009	30,39±13,57	353,24±0,00
Mart 2009	31,24±13,21	259,53±76,77
Nisan 2009	27,19±12,43	387,33±67,44
Mayıs 2009	38,65±12,10	375,93±78,48
Haziran 2009	14,70±13,12	304,75±72,94

*: Veri azlığı nedeniyle standart sapma hesaplanamamıştır.

Atmosferik PCB'ler genel olarak gaz faz PCB'lerden oluşmuştur ve gaz fazdaki PCB'ler toplam PCB'lerin % 89'una sahiptir. Bu oran literatürdeki değerlere benzer seviyelerdedir (Cetin ve ark. 2007, Cindoruk ve ark. 2007, Miller ve ark. 2001, Yeo ve ark. 2003). PCB'lerin çökme ve dağılım karakteristiklerine bağlı olarak yüksek moleküler ağırlıklı türler düşük molekül ağırlıklı türlere göre daha düşük konsantrasyon değerlerine sahip olmaktadır (Cindoruk ve Tasdemir 2007b, Yeo ve ark. 2003). Partikül faz ve gaz fazda ağırlıklı olarak 3-, 4- ve 5- klorlu PCB türler yer almakta olup toplamın % 76'sını düşük moleküler ağırlığa sahip olan bu türler oluşturmaktadır. 7-, 8- ve 9-

klorlu türler ise toplam PCB konsantrasyonlarının % 3'ünü oluşturmuştur.

4.1.5. YHHÖ ile belirlenen atmosferik konsantrasyonların ortak değerlendirilmesi

Dört bölgede elde edilen atmosferik konsantrasyon değerleri incelendiğinde bölgeler arasında gaz faz için $C_{Mudanya} > C_{UÜ} > C_{BUTAL} > C_{YS}$ şeklinde, partikül faz için ise $C_{Mudanya} > C_{UÜ} > C_{YS} > C_{BUTAL}$ şeklinde bir sıralama oluşmaktadır. Bu sonuçlar, örnekleme bölgesine ait karakteristik özellikler ve meteorolojik veriler konsantrasyon değerlerinin farklı olmasında etken olduğunu göstermektedir.

Mudanya örnekleme bölgesinde daha yüksek değerlerin elde edilmiş olması Marmara Denizi'nden buharlaşmanın olduğunu ve deniz aşırı kentlerden bölgeye hava akımı ile PCB'lerin taşındığını göstermiştir. Yarı-kentsel bir alan olan Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesinde elde edilen değerlerin kentsel alanlardan daha yüksek olması ise bu bölgenin etrafında bulunan otoyol, çamur yakma ünitesi, arıtma tesisi, Nilüfer Çayı ve Mudanya'dan gerçekleşen taşınmalar ile açıklanabilir. Ayrıca bölgenin ormanlık bir alan içinde yer alması polen yoğunluğunun da fazla olmasına neden olmakta ve partikül konsantrasyonunun artmasına etki etmektedir.

4.2. SYÖ ile Belirlenen Kuru Çökme Akıları ve Hava-Su Geçiş Akıları

Örnekleme süresince yağışsız zamanlarda SYÖ ile kuru çökme örnekleri alınmıştır. Kuru çökme akı değerlerinin (F) belirlenmesinde belli bir alana (A) belirli bir zaman aralığında (t) çöken partiküllerin miktarının (m) doğrudan ölçülerek tespiti gerçekleştirilmiştir (Denklem 4.1). SYÖ kuru çökme tepsisinin yüzey alanı $0,278 \text{ m}^2$ 'dir. Örnekleme süreleri ise yaklaşık 1 gün olup YHHÖ örnekleri ile paralel olarak alınmıştır.

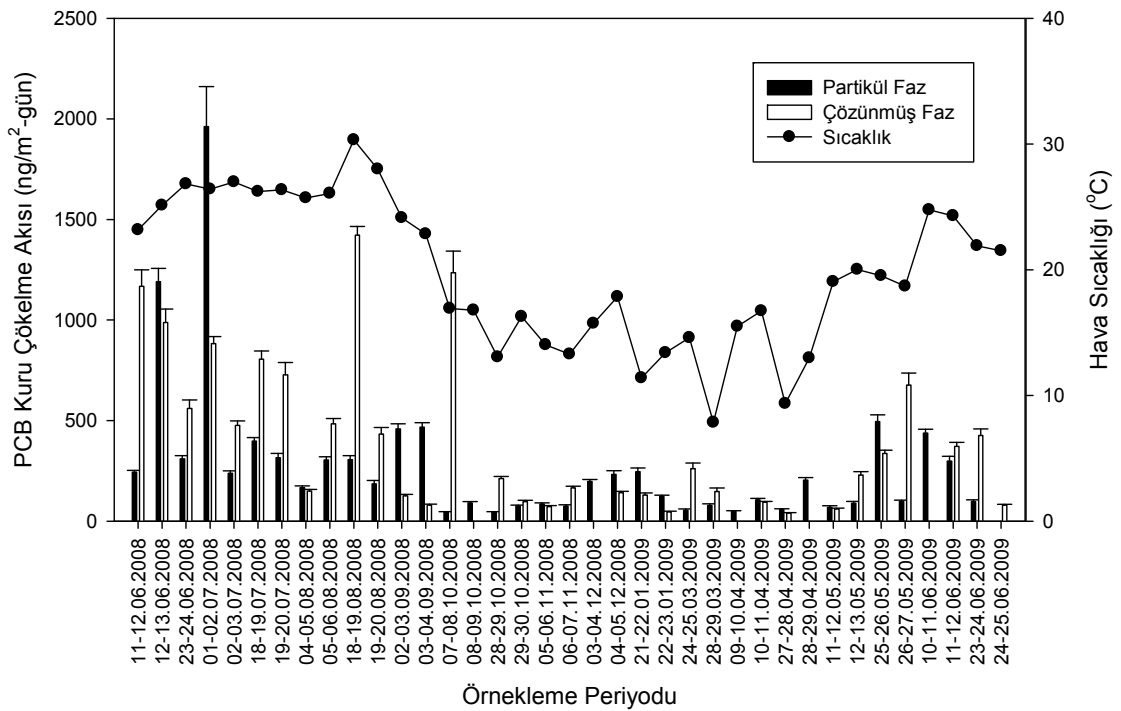
PCB'lerin kuru çökme hızları (partikül faz için V_d , çözünmüş faz için KTK) ise eş zamanlı olarak ölçülen partikül faz hava konsantrasyonlarının (C_{hava}) akı miktarlarına (F) bölünmesi ile hesaplanmıştır (Denklem 4.2).

$$F = \frac{m}{A.t} \quad (4.1)$$

$$V_d = \frac{F_{part}}{C_{part}} \quad KTK = \frac{F_{\text{çöz}}}{C_{gaz}} \quad (4.2)$$

4.2.1. BUTAL örnekleme bölgesi

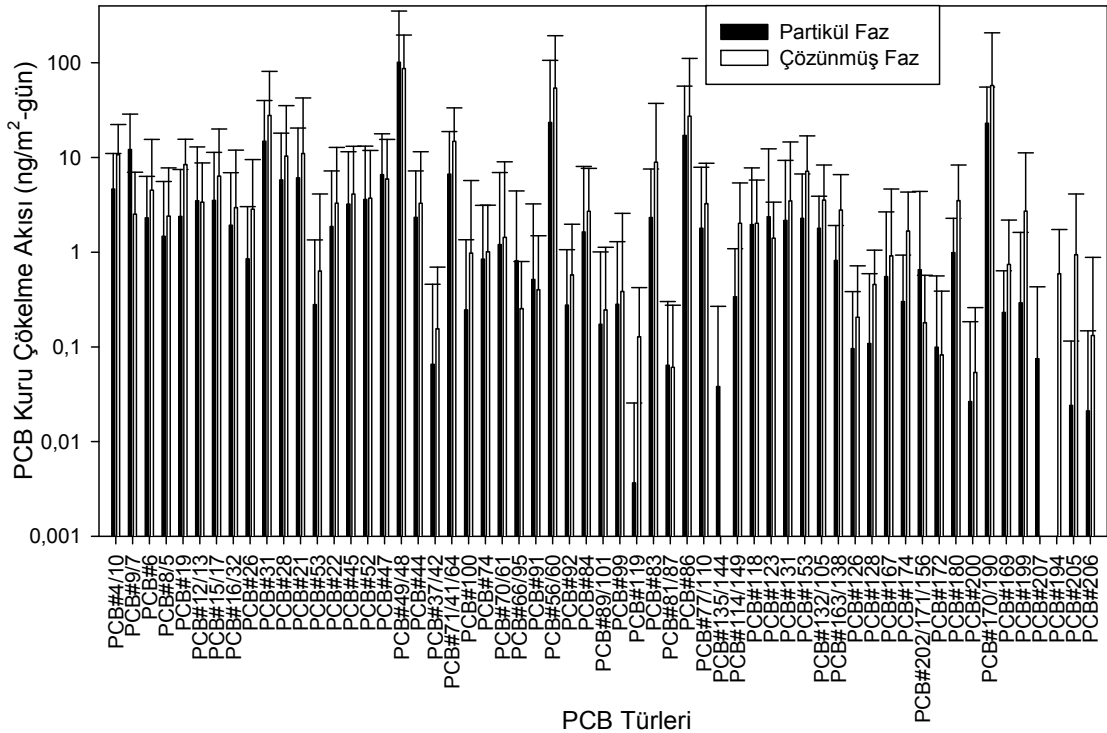
Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında kentsel bölge özellikleri ve yoğun trafik yüküne sahip BUTAL bölgesinden SYÖ ile 37 adet kuru çökeltme örneği alınmıştır. Kuru çökeltme akıları, örnekleme başlangıç ile bitiş zamanı arasındaki süreler kaydedilerek Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır. Örnekleme süreleri bu bölge için 1.215 ile 1.675 dak. arasında değişmiştir. Kuru çökeltme örneklerinde hedeflenen 82 PCB türünden filtre örneklerinde 81, reçine örneklerinde ise 79'una rastlanmış olup yıllık ortalama kuru çökeltme akısı partikül faz için $280 \pm 360 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$, çözülmüş faz için $410 \pm 390 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$ olarak belirlenmiştir.



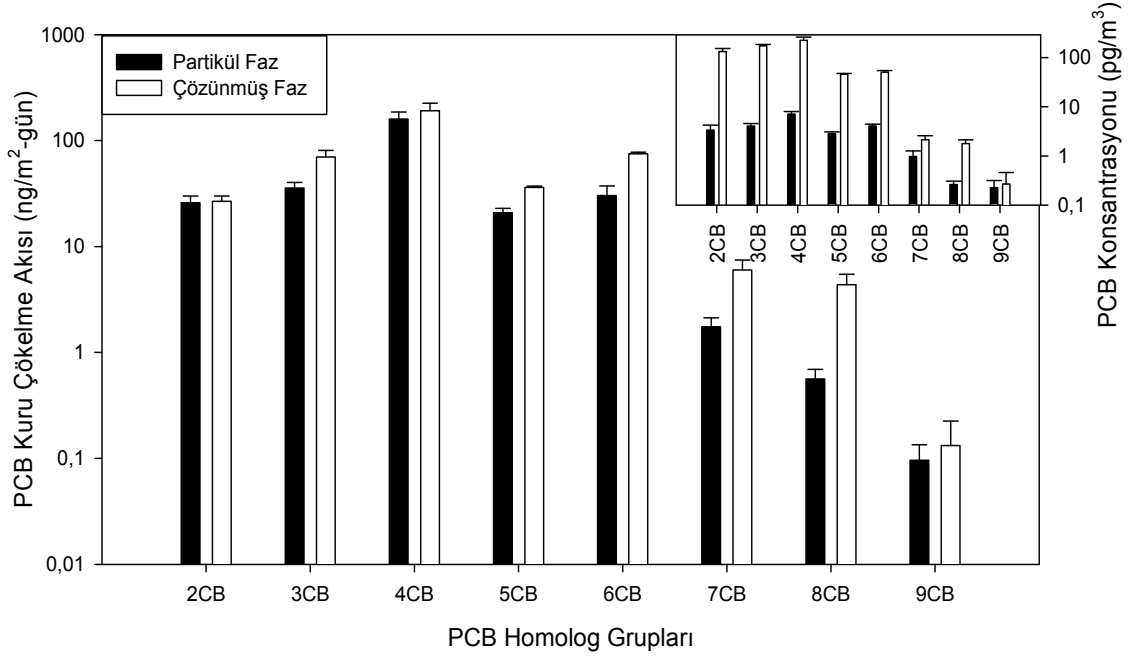
Şekil 4.1 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 4.1’de kuru çökeltme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Kış aylarında daha düşük değerlerin elde edildiği görülmüştür. Zira sıcaklık değişimi ile akı değişimleri arasında önemli bir istatistiksel ilişki olduğu görülmüştür ($r_{\text{partikül}}^2 = 0,2$, $r_{\text{çözünmüş}}^2 = 0,3$ ve $p_{\text{partikül}} < 0,05$, $p_{\text{çözünmüş}} < 0,05$). Rüzgar hızı ile akı değerleri arasında ve çözünmüş faz ile yüzde nem değerleri arasında önemli bir korelasyon bulunamazken nem ile partikül faz kuru çökeltme arasındaki korelasyonda r^2 değeri 0,13 olup negatif bir korelasyon bulunmuştur ($p < 0,05$).

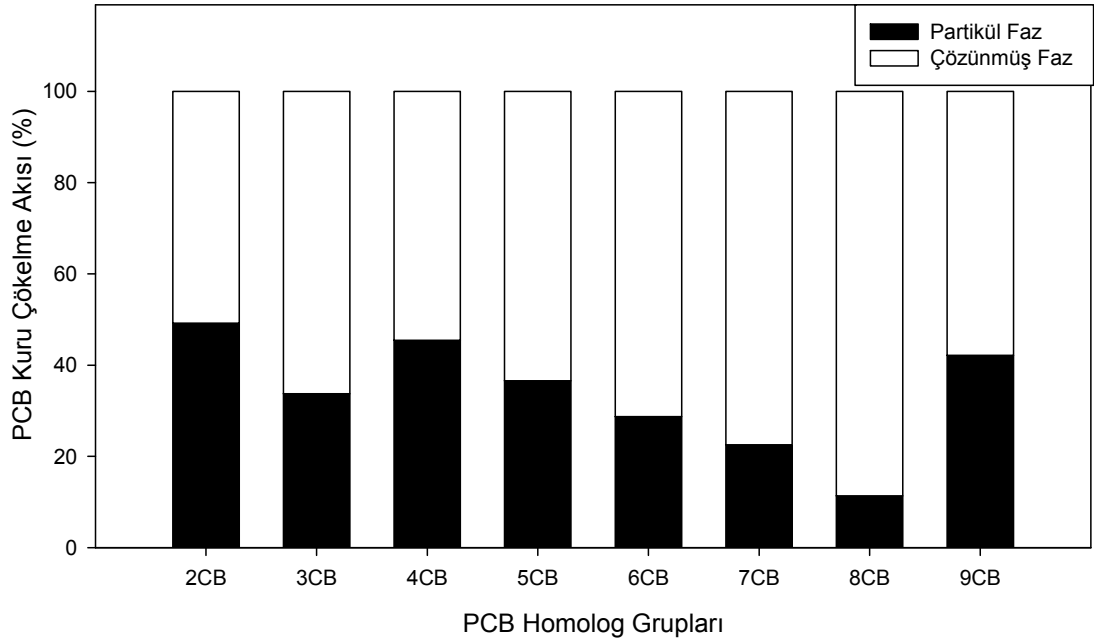
Şekil 4.2’de PCB türlerine ait ortalama kuru çökeltme arasında moleküler ağırlıklarına bağlı olmayan bir değişim görülmektedir. Bölgede filtre örneklerinde 81 (PCB# 194 hariç), reçine örneklerinde ise hedeflenen PCB’lerden 79’una (PCB# 135, 144, 207 türleri hariç) rastlanmıştır. Örnekleme dönemi süresince hesaplanan yıllık ortalama PCB değerleri partikül fazda en yüksek PCB# 48/49 türlerine ($101,5 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), en düşük PCB# 119 türüne ($0,003 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), çözünmüş fazda en yüksek PCB# 48/49 türlerine ($87 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), en düşük ise PCB# 200 türüne ($0,05 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) aittir.



Şekil 4.2 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Türlere Göre Değişimi



Şekil 4.3 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Konsantrasyonların Homolog Gruplara Göre Değişimi



Şekil 4.4 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

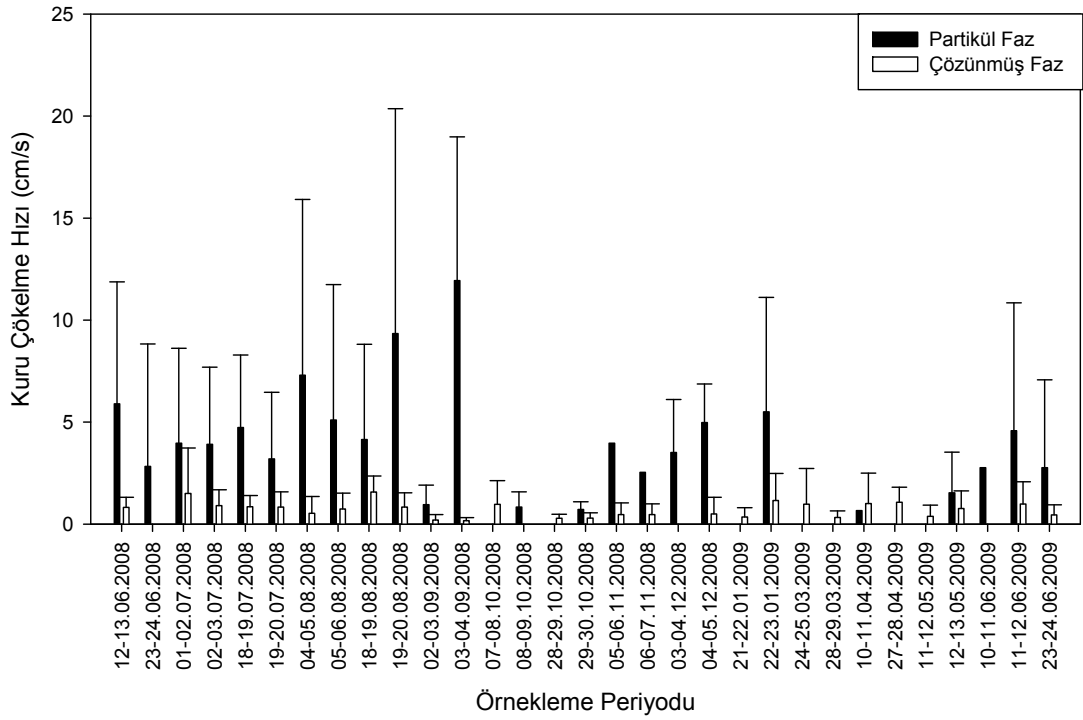
Akı değerlerinin homolog gruplarına göre dağılımı Şekil 4.3'te verilmiştir. Buna göre her iki fazda da 3-, 4- ve 6- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek akı değerleri çözünmüş fazlar için % 46 ve partikül fazlar için

% 58'lik oran ile 4 klorlu türlere aittir. Şekil 4.3'te PCB homolog gruplarına göre konsantrasyon dağılımları da görülmektedir. Homolog grupların kuru çökme akıları ile PCB konsantrasyonları arasında yapılan korelasyonda her iki faz için de istatistiksel olarak önemli bir ilişki çıkmıştır ($r_{\text{partikül}}^2=0,78$, $p<0,05$; $r_{\text{çözünmüş}}^2=0,67$, $p<0,05$). Bu sonuç, homolog grupların havada bulunma ve kuru çökme eğilimlerinin birbirlerine benzer olduğunu göstermektedir. Lee ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada hem konsantrasyon hem de kuru çökme akı sonuçlarından benzer homolog dağılımları tespit etmişlerdir. Partikül ve çözünmüş fazda kuru çökme akı ve konsantrasyon değerleri içinde en yüksek değeri 4- klorlular almıştır.

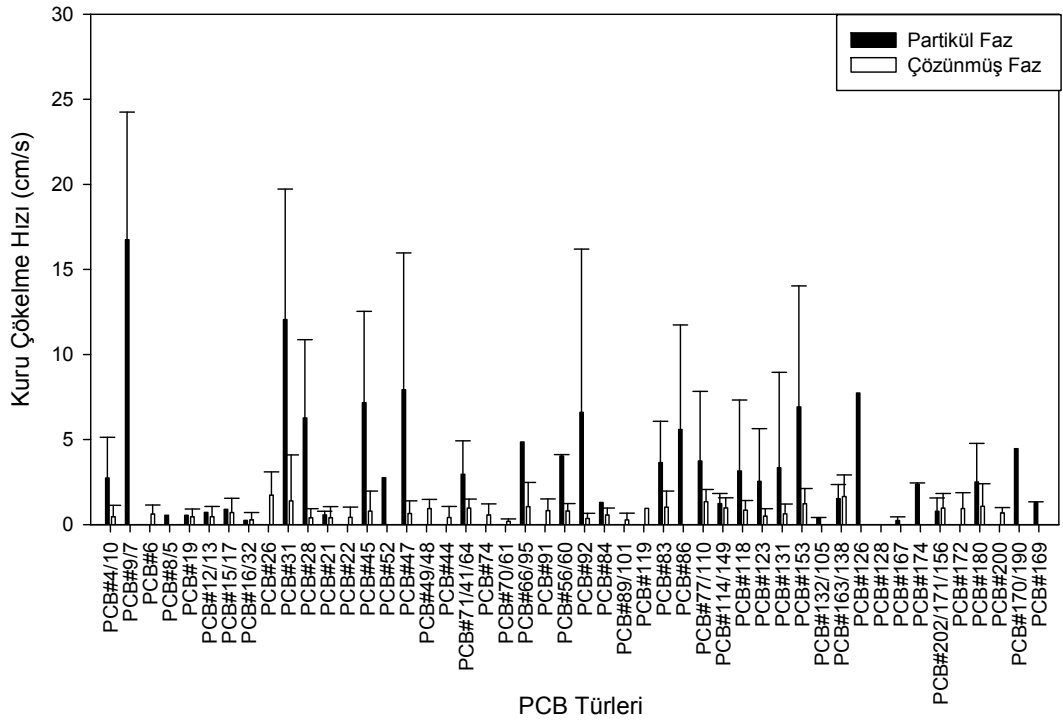
Büyük moleküler ağırlıklı türlerin partikül fazda bulunma ve kuru çökme ile atmosferden uzaklaşma eğiliminde olmaları bu türlerin kuru çökme akılarının göreceli olarak yüksek olmasına neden olmaktadır (Şekil 4.4) Partikül faz akı değerleri genelde toplam içinde % 40 oranındadır.

Kuru çökme akılarının, aynı periyotta ölçülen hava örnekleri ile elde edilen konsantrasyon değerlerine oranı ile kuru çökme hızları hesaplanmaktadır. Örnekleme dönemlerine göre Denklem 4.2 ile hesaplanan $\sum\text{PCB}$ kuru çökme hızları (V_d) partikül faz PCB'ler için $4,0\pm 2,7$ cm/s çözünmüş faz KTK için ise $0,72\pm 0,37$ cm/s seviyesindedir (Şekil 4.5). Daha önce aynı bölgede SYÖ ile belirlenen KTK değeri $0,71\pm 0,27$ cm/s, V_d değeri ise $1,55\pm 1,68$ cm/s (Cindoruk, 2007) olup partikül faz değerleri bu çalışmadaki değer ile benzerlik göstermekte olup çözünmüş faz için farklıdır. Kuru çökme hızları ile meteorolojik veriler arasında korelasyon analizi yapılmış ancak önemli bir ilişki tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

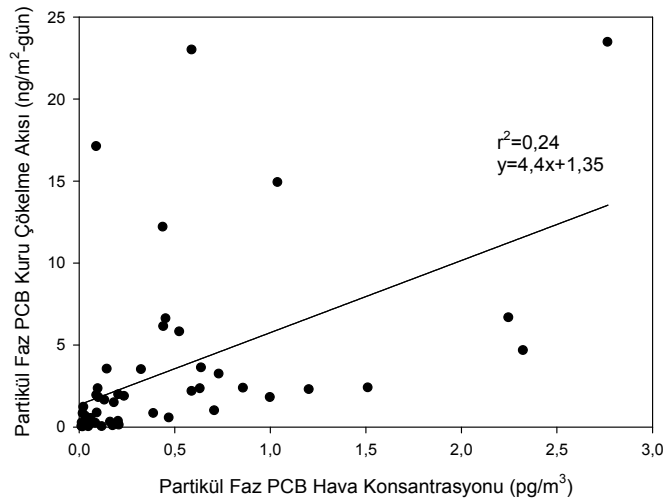
Kuru çökme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede partikül fazda 35, çözünmüş fazda 38 PCB türü için hesaplanan yıllık ortalama değerler Şekil 4.5 ve 4.6'da verilmektedir. Yıllık ortalama kuru çökme hızı partikül fazlar için en yüksek PCB# 7 ve 9 ($16,75$ cm/s) türlerinde, en düşük PCB 167 ($0,25$ cm/s) türünde görülmüştür. Yıllık ortalama kütle transfer katsayıları ise en yüksek PCB# 26 ($1,73$ cm/s) türünde, en düşük PCB 128 ($0,015$ cm/s) türünde görülmüştür.



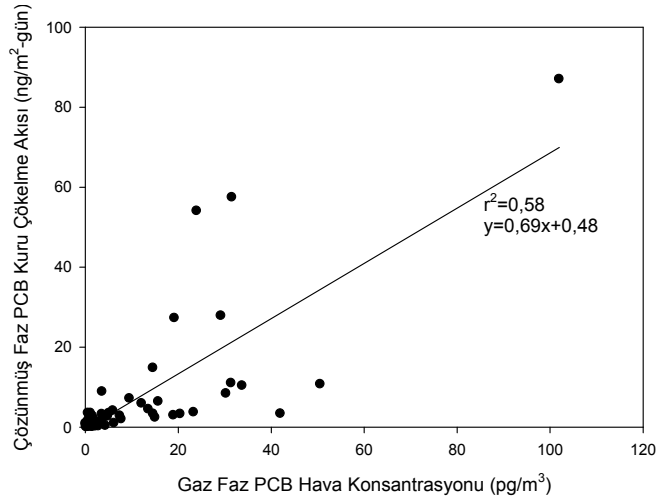
Şekil 4.5 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Örnekleme Tarihlerine Göre Değişimi



Şekil 4.6 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi

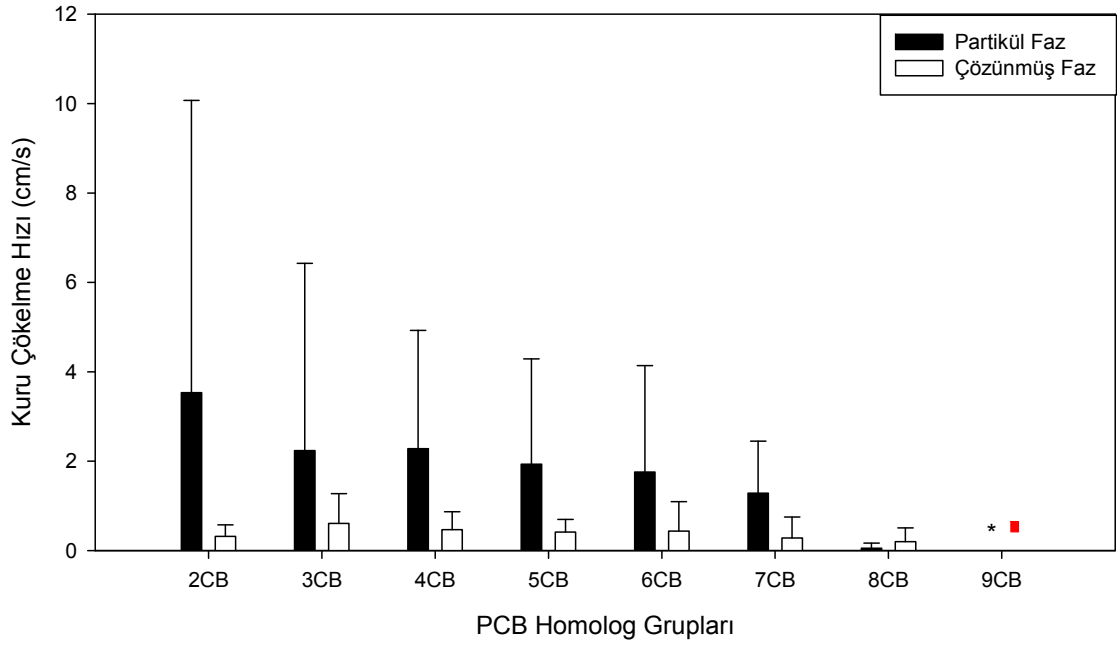


Şekil 4.7 BUTAL Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği



Şekil 4.8 BUTAL Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği

Kuru çökme hızları ayrıca tüm örneklerdeki PCB türlerine ait kuru çökme akı değerleri ve konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulan regresyondan en uygun doğru geçirilmesi ile de hesaplanabilir. Elde edilen doğrunun eğim değeri kuru çökme hızını verir. Bu çalışmada BUTAL için eğim değerinden elde edilen kuru çökme hızı partikül faz için 4,4 cm/s ($r^2=0,24$) (Şekil 4.7), çözünmüş faz için 0,69 cm/s ($r^2=0,58$)'dür (Şekil 4.8). Bu değerler Denklem 4.2 ile belirlenen değerlere çok yakındır.



■: Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB homolog grupları
 *: Partikül fazda tespit edilemeyen PCB homolog grupları

Şekil 4.9 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

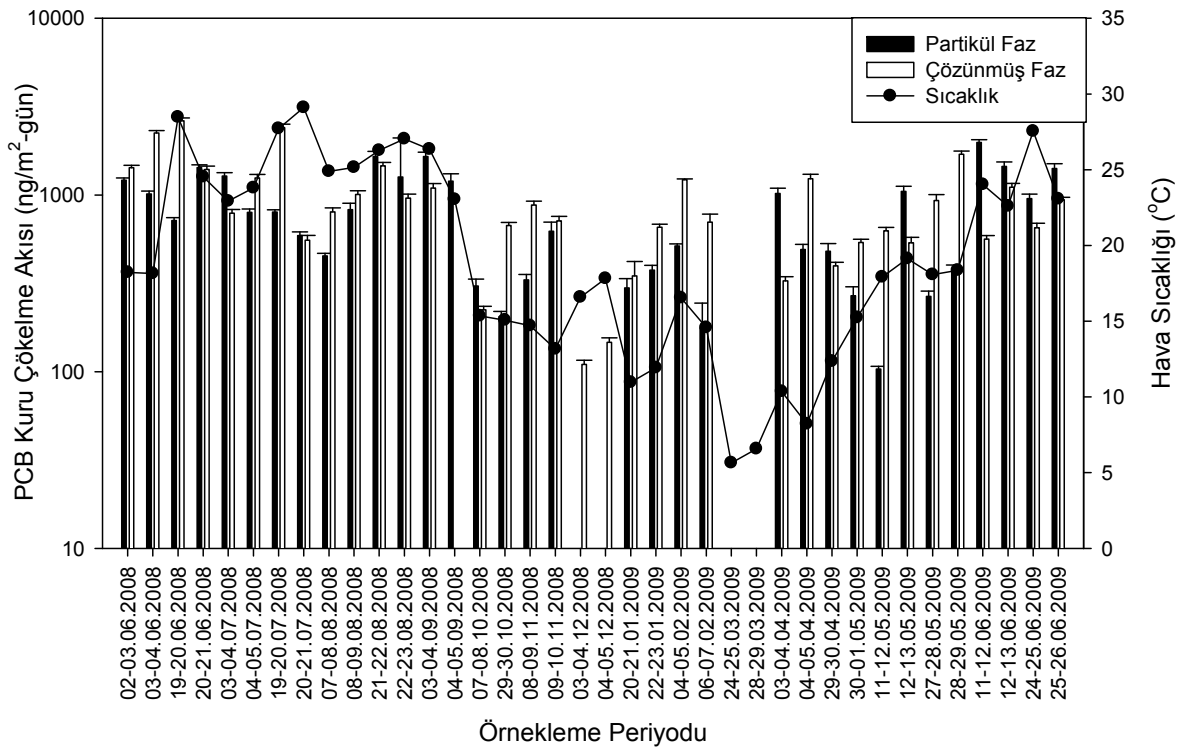
Şekil 4.9’da kuru çökme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. Partikül fazda, düşük ve orta klorlu türlerin kuru çökme hızlarının daha yüksek olduğu burada daha net olarak görülmektedir. Genel olarak, PCB’lerin kuru çökme hızlarının PCB türünün içerdiği klor seviyesiyle ilişkili olduğu yani klor sayısının artmasıyla çökme eğiliminin arttığı belirtilmiştir. Ancak, örnekleyiciye bölgedeki partikül kaynağının yakınlığı ile PCB’lerin uzak mesafelerden taşınarak gelmesi düşük moleküler ağırlıklı türlerin partikül fazda bulunma olasılığını ve dolayısıyla çökme hızlarını arttırmıştır. Çözünmüş fazdaki türlerin ise uzak mesafelerden taşınmış olmalarına bağlı olarak çökme hızları birbirlerine yakın seviyelerde bulunmuştur.

4.2.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi

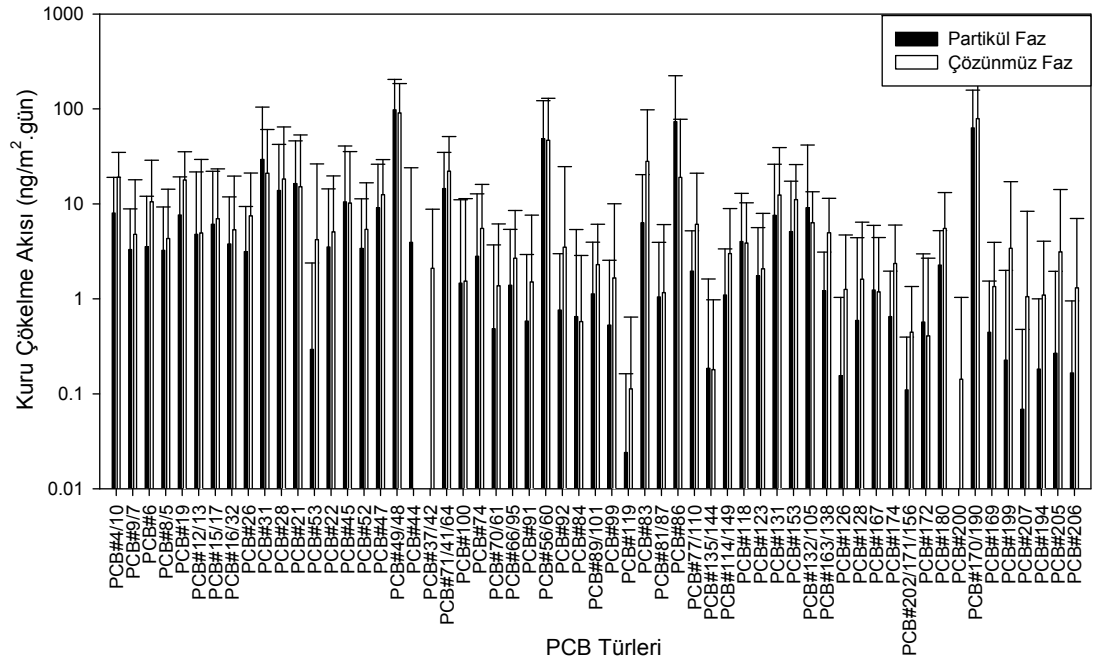
Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında yarı-kentsel bölge özelliklerine sahip UÜ bölgesinden SYÖ ile 61 adet kuru çökme örneği alınmıştır. Kuru çökme akıları, örnekleme başlangıç ile bitiş zamanı arasındaki süreler kaydedilerek Denklem 4.1 ile hesaplanmış olup sadece bu bölgede gece ve gündüz örnekleri ayrı ayrı toplanmıştır.

Denkleimde kullanılan örnekleme süreleri bu bölge için 245 ile 1 565 dak. arasında değişmiştir. Kuru çökeltme örneklerinde hedeflenen 82 PCB türünden filtre örneklerinde 79, reçine örneklerinde ise 81'ine rastlanmış olup yıllık ortalama kuru çökeltme akısı partikül faz için $450 \pm 385 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$, çözülmüş faz için $535 \pm 370 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$ olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.10'da kuru çökeltme örneklerine ait akı değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir. Kış aylarında daha düşük akı değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Sıcaklık değişimi ile akı değişimleri arasında önemli bir istatistiksel ilişki olduğu görülmüştür ($r_{\text{partikül}}^2 = 0,15$, $r_{\text{çözülmüş}}^2 = 0,17$ ve $p_{\text{partikül}} < 0,05$, $p_{\text{çözülmüş}} < 0,05$). Rüzgar hızı ve nem değerleri ile akı değerleri arasında önemli bir korelasyon bulunamamıştır ($p > 0,05$). Bu sonuç, diğer meteorolojik koşulların sıcaklık kadar etkili olmadığını ve sıcaklığın dolayısıyla buharlaşmanın artmasıyla kuru çökeltme akı değerlerinin de arttığını göstermiştir.

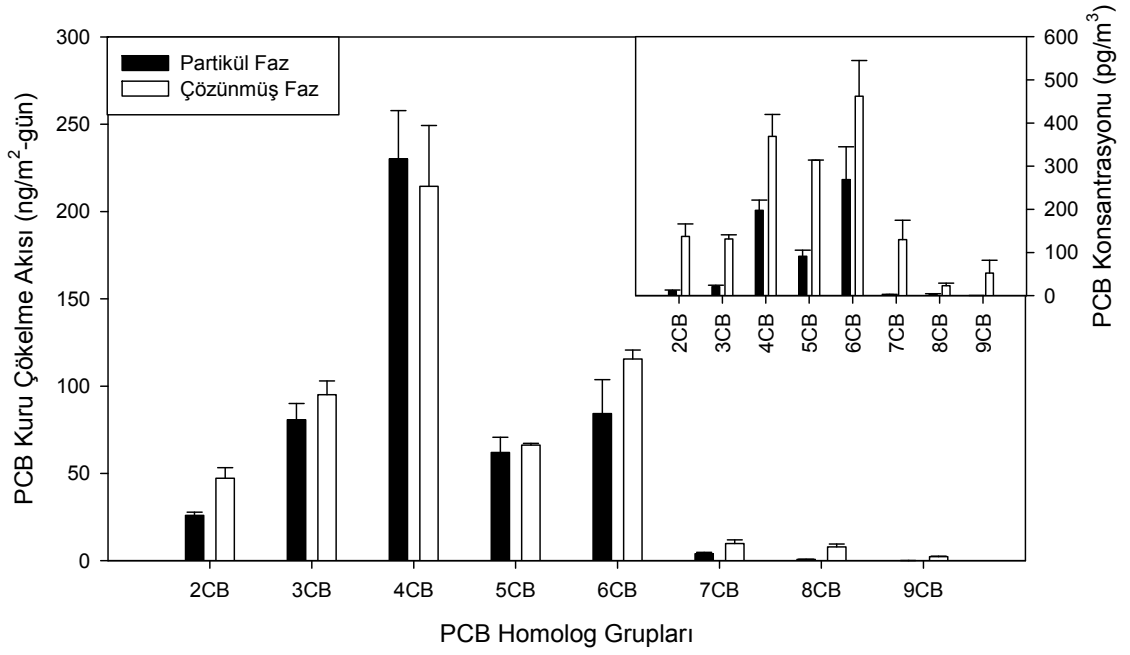


Şekil 4.10 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi

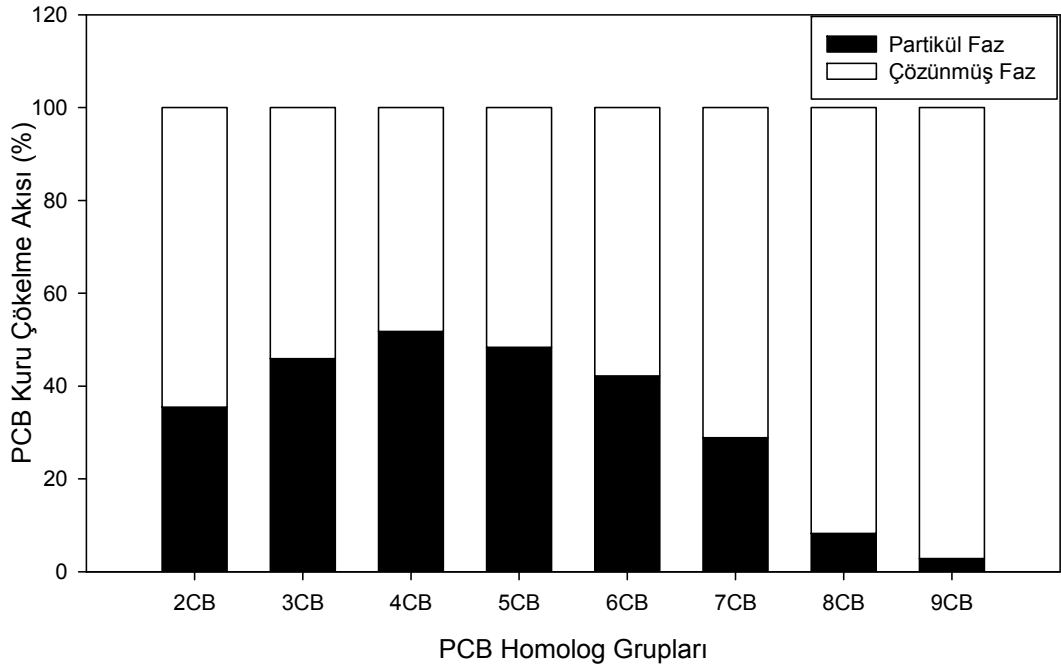


Şekil 4.11 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Türlere Göre Değişimi

Şekil 4.11’de PCB türlerine ait kuru çökeltme akılarının birbirlerinden farklı oldukları ve moleküler ağırlıklarına bağlı olmayan bir değişim görülmektedir. Bölgede filtre örneklerinde 79 (PCB# 37, 42, 200 hariç), reçine örneklerinde ise 81 PCB türüne (PCB# 44 türü hariç) rastlanmıştır. Yıllık ortalama kuru çökeltme akı değerleri çözülmüş fazda en yüksek PCB# 48/49 türlerine ($91 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), en düşük PCB# 119 türüne ($0,113 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), partikül fazda ise en yüksek PCB# 48/49 türlerine ($98 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), en düşük PCB# 119 türüne ($0,025 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) aittir. PCB 119 türünün hem partikül hem de çözülmüş fazda en düşük akı değerlerine sahip olması bu türün atmosferde de az bulunduğunu göstermiştir.



Şekil 4.12 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akıları ve Konsantrasyonların Homolog Gruplara Göre Değişimi



Şekil 4.13 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

PCB'lerin homolog gruplarına göre dağılımı Şekil 4.12'de verilmektedir. Buna göre her iki fazda da 4- ve 6- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu

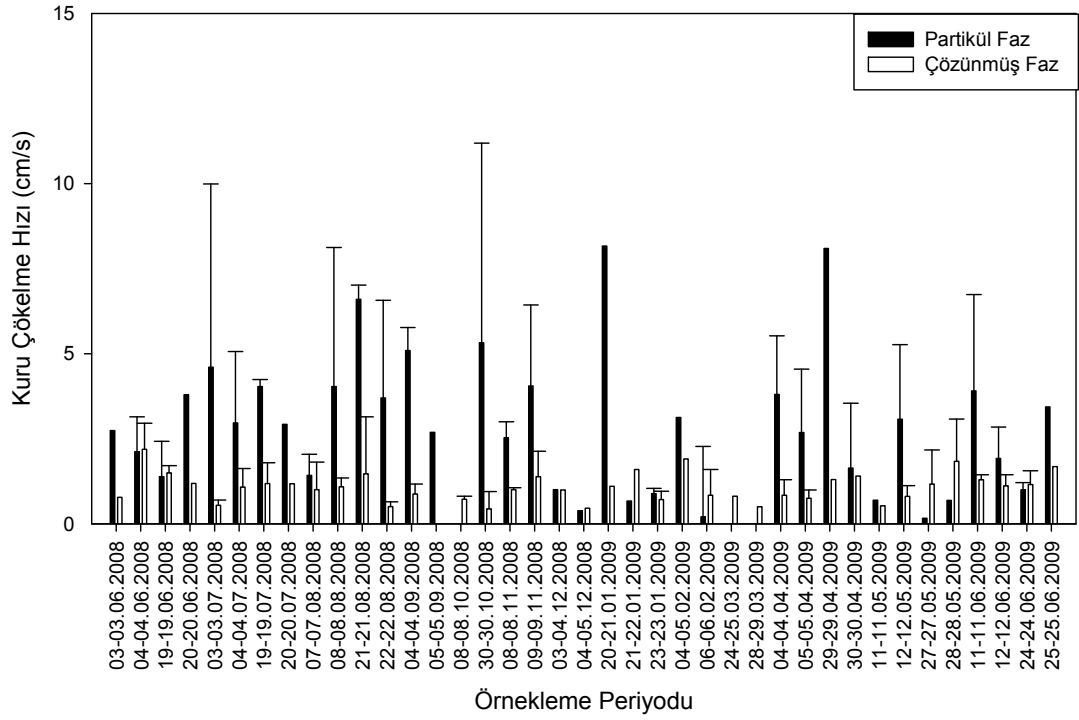
belirlenmiştir. En yüksek akı değerleri çözünmüş fazlar için % 38 ve partikül fazlar için % 47'lik oran ile 4- klorlu türlere aittir. Homolog grupların kuru çökme akıları ile PCB konsantrasyonları arasında yapılan korelasyonda her iki faz için de istatistiksel olarak önemli bir ilişki çıkmıştır ($r_{\text{partikül}}^2=0,87$, $r_{\text{çözünmüş}}^2=0,58$; $p_{\text{partikül}}<0,05$, $p_{\text{çözünmüş}}<0,05$).

Şekil 4.13'de verilen homolog grupların yüzde partikül çözünmüş faz dağılımları incelendiğinde partikül faz akı değerlerinin 2-6 klorlularda arttığı 6-9 klorlularda azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumun örnekleme bölgesindeki partikül yoğunluğuna ve PCB kaynaklarının yakınlığına bağlı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir. Ancak bölgeden alınan partikül faz konsantrasyon örneklerinde yüksek moleküler ağırlığa sahip türlerin düşük moleküler ağırlıklılara göre daha düşük seviyelerinin olması bu türlerin kuru çökme akı değerlerinin de düşük olmasına neden olmaktadır.

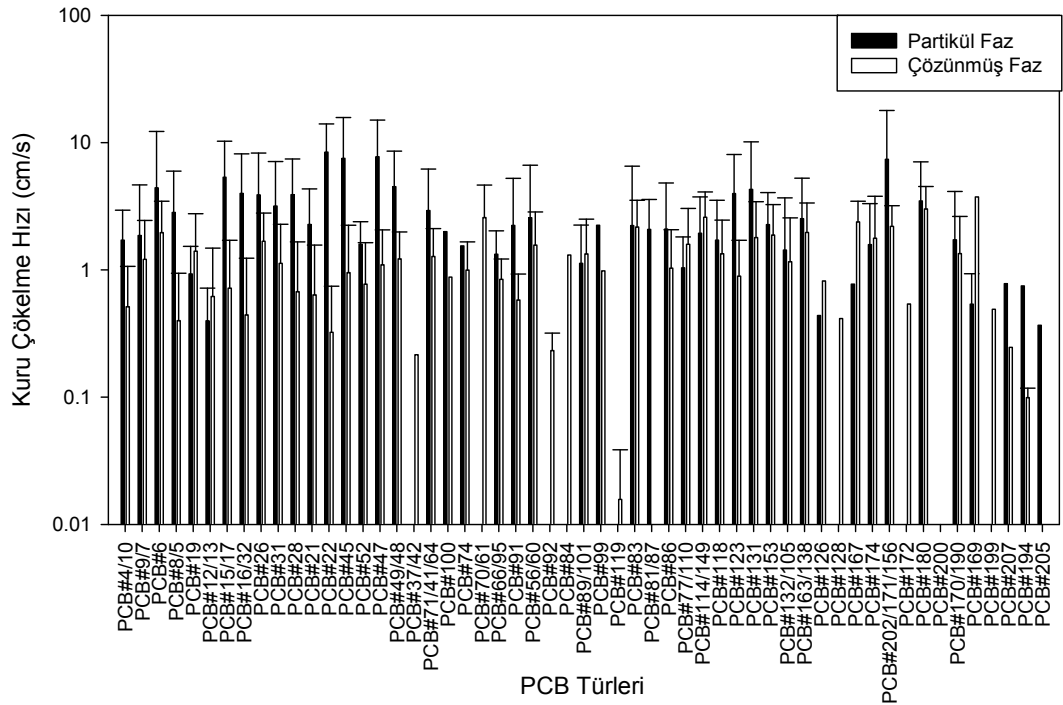
Örnekleme dönemlerine göre Denklem 4.2 ile hesaplanan \sum PCB kuru çökme hızları bu bölgede partikül faz PCB'ler için $3,5\pm 3,4$ cm/s çözünmüş faz için ise $1,1\pm 0,6$ cm/s seviyesindedir (Şekil 4.14). Bu değerler, BUTAL'de elde edilen partikül faz değerleri ile benzer olup KTK değerlerinden yüksektir. Kuru çökme hızları ile meteorolojik veriler arasında korelasyon analizi yapılmış ancak önemli bir ilişki tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Kuru çökme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede partikül fazda 46, çözünmüş fazda 52 PCB türü için hesaplanan yıllık ortalama değerler Şekil 4.15'de verilmiştir. Yıllık ortalama kuru çökme hızı partikül fazlar için en yüksek PCB# 22 (8,5 cm/s) türünde, en düşük PCB 205 (0,36 cm/s) türünde görülmüştür. Yıllık ortalama kuru çökme hızı çözünmüş fazda ise en yüksek PCB# 169 (3,75 cm/s) türünde, en düşük ise PCB 119 (0,015 cm/s) türünde görülmüştür. Çökme hızlarının PCB'lerin moleküler ağırlıklara göre belirli bir trend ile değişmediği gözlenmiştir.

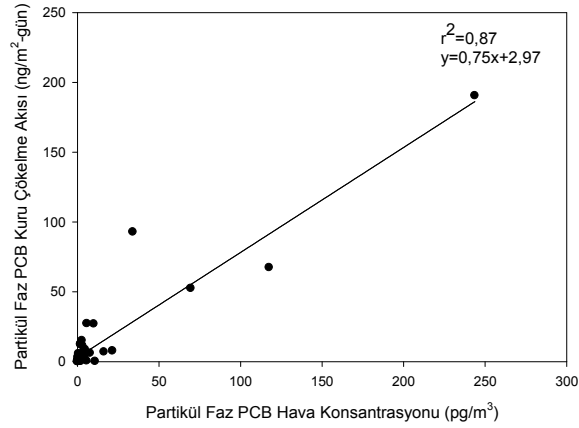
BUTAL'de regresyon analizi ile elde edilen kuru çökme hızı partikül faz için 0,75 cm/s ($r^2=0,87$) (Şekil 4.16), çözünmüş faz için 0,09 cm/s ($r^2=0,13$)'dür (Şekil 4.17). Bu değerler Denklem 4.2 ile belirlenen değerlere göre düşüktür.



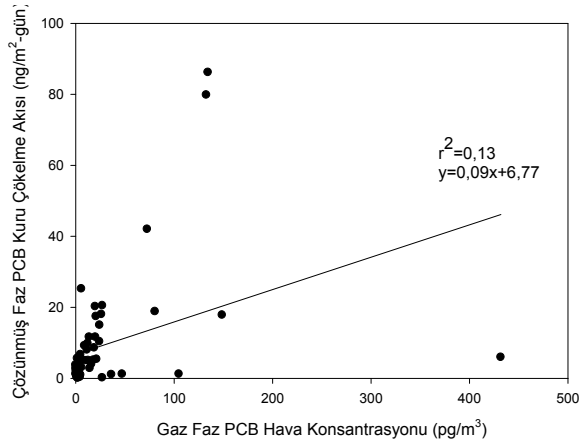
Şekil 4.14 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Örnekleme Periyoduna Göre Değişimi



Şekil 4.15 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Türler Göre Değişimi

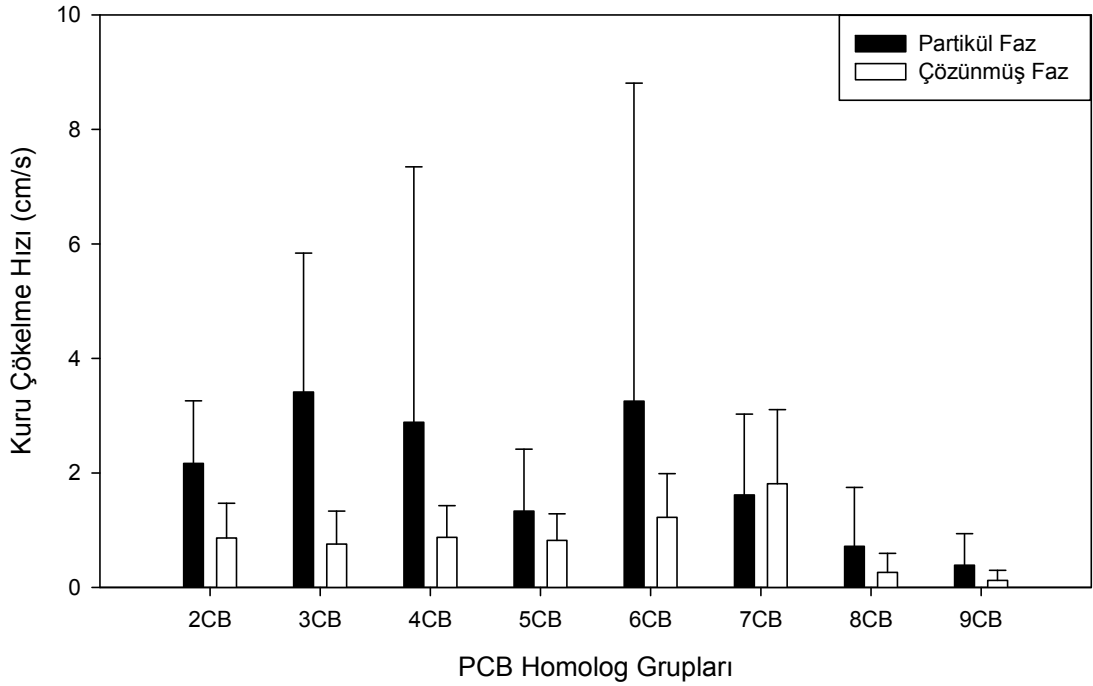


Şekil 4.16 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği



Şekil 4.17 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği

Şekil 4.18'de kuru çökeltme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. Düşük moleküler ağırlıklı türlerin çökeltme hızlarının benzer olduğu burada daha net olarak görülmektedir. Genel olarak, PCB'lerin kuru çökeltme hızlarının PCB türünün içerdiği klor seviyesiyle ilişkili olduğu yani klor sayısının artmasıyla çökeltme eğiliminin arttığı belirtilmiştir. Ancak, literatürde elde edilen sonuçlarda genel olarak, bu çalışmada olduğu gibi, bu durum görülmemiştir.



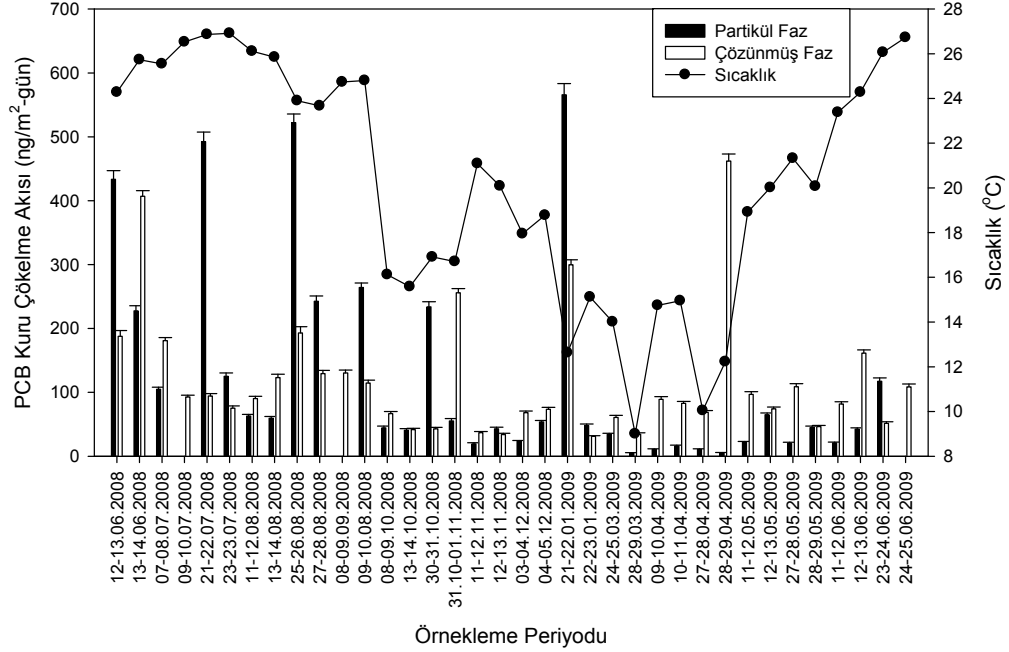
Şekil 4.18 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

4.2.3. Mudanya örnekleme bölgesi

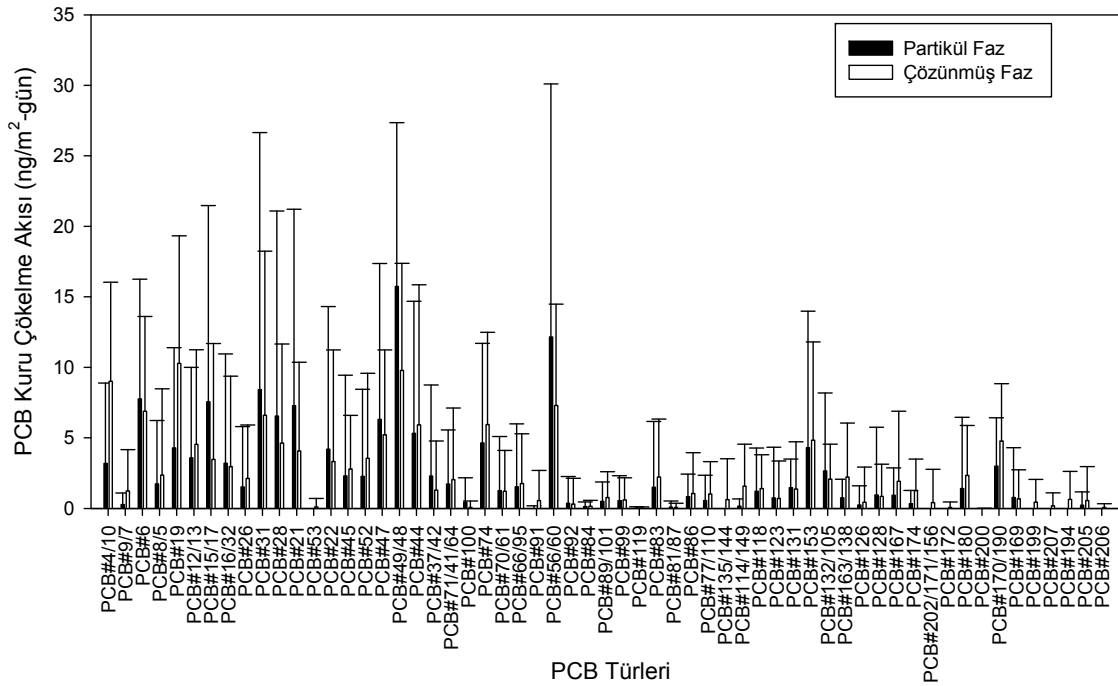
Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında bir kıyı kenti olan Mudanya bölgesinden SYÖ ile 33 adet kuru çökme örneği alınmıştır. Kuru çökme akıları, örnekleme başlangıç ile bitiş zamanı arasındaki süreler kaydedilerek Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır. Denklemde kullanılan örnekleme süreleri bu bölge için 1 045 ile 1 625 dak. arasında değişmiştir. Kuru çökme örneklerinde hedeflenen 82 PCB türünden filtre örneklerinde 70 adetine, reçine örneklerinde ise hepsine rastlanmış olup yıllık ortalama kuru çökme akısı partikül faz için $125 \pm 160 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$, çözünmüş faz için $120 \pm 90 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$ olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.19’da kuru çökme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Akı değerlerinin değişimleri incelendiğinde kış aylarında nispeten daha düşük değerlerin elde edildiği görülmüştür. Ancak sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri ile akı değişimleri arasında önemli bir istatistiksel ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$). Meteorolojik verilerin kuru çökme akıları üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir ancak

bölgede partikül madde (polen) yoğunluğu dolayısıyla bu ilişkilerin gölgelendiği düşünülmektedir.



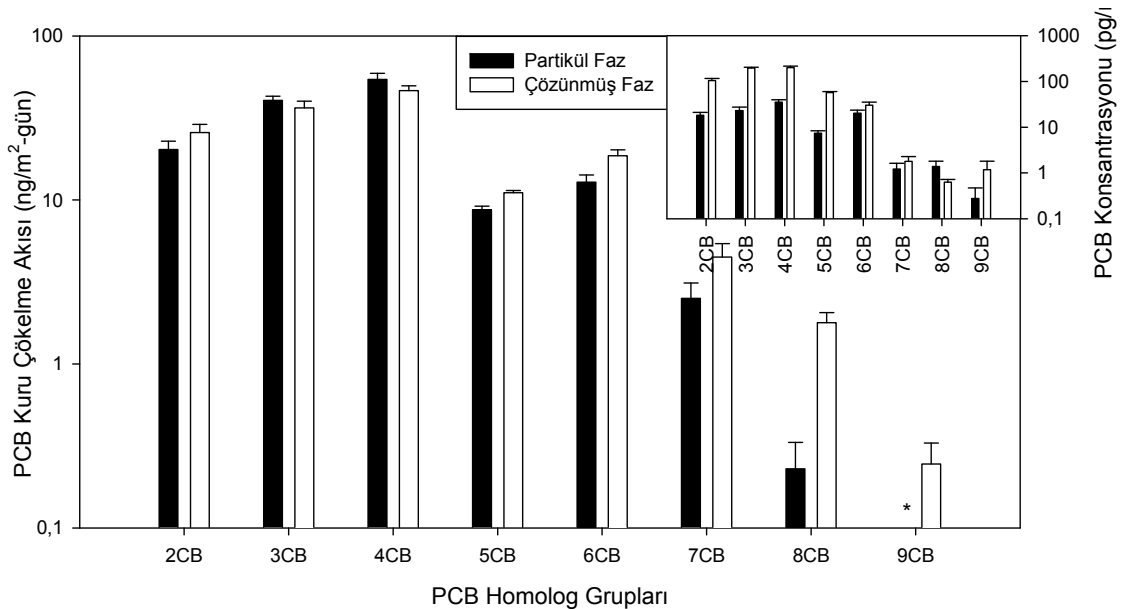
Şekil 4.19 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 4.20 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Türler Göre Değişimi

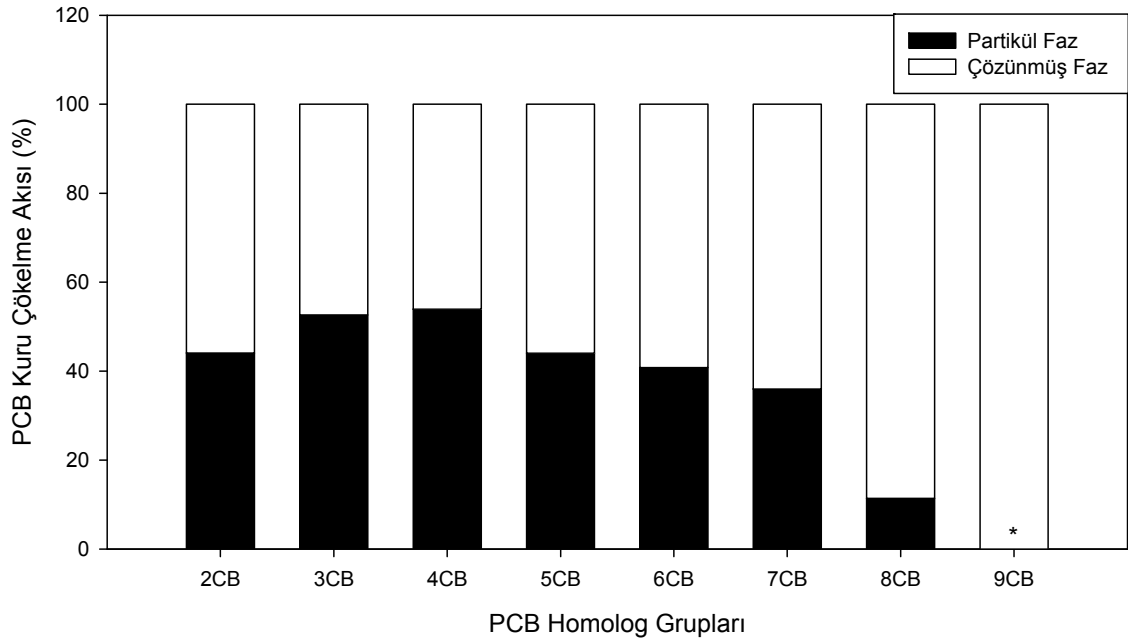
Şekil 4.20’de PCB türlerine ait kuru çökeltme akılarının birbirlerinden farklı oldukları ancak büyük moleküler ağırlıklı türlerin düşük ve düşük moleküler ağırlıklı türlerin daha yüksek akı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bölgede filtre örneklerinde 70 (PCB# 53, 135, 144, 156, 171, 172, 194, 199, 200, 202, 206, 207 hariç) türe, reçine örneklerinde ise bütün türlere rastlanmıştır. Örnekleme döneminde hesaplanan yıllık ortalama akı değeri partikül fazda en yüksek PCB# 48/49 türlerine (15,75 ng/m²-gün), en düşük PCB# 119 türüne (0,02 ng/m²-gün), çözülmüş fazda en yüksek PCB# 19 türüne (10,3 ng/m²-gün), en düşük ise PCB# 200 türüne (0,001 ng/m²-gün) aittir.

Akılarının homolog gruplara göre dağılımı (Şekil 4.21) türlerin akı değerleri hakkında daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Buna göre her iki fazda da 2-, 3- ve 4- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek akı değerleri 4-klorlu türlere aittir. Şekil 4.21’de PCB homolog gruplarına göre konsantrasyon dağılımları da görülmektedir. Homolog grupların kuru çökeltme akıları ile PCB konsantrasyonları arasında yapılan korelasyonda her iki faz için de istatistiksel olarak önemli bir ilişki çıkmıştır ($r_{\text{partikül}}^2=0,87$, $r_{\text{çözülmüş}}^2=0,92$, $p_{\text{partikül}}<0,05$, $p_{\text{çözülmüş}}<0,05$).



*:Partikül fazda ölçülemeyen PCB homolog grubu

Şekil 4.21 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

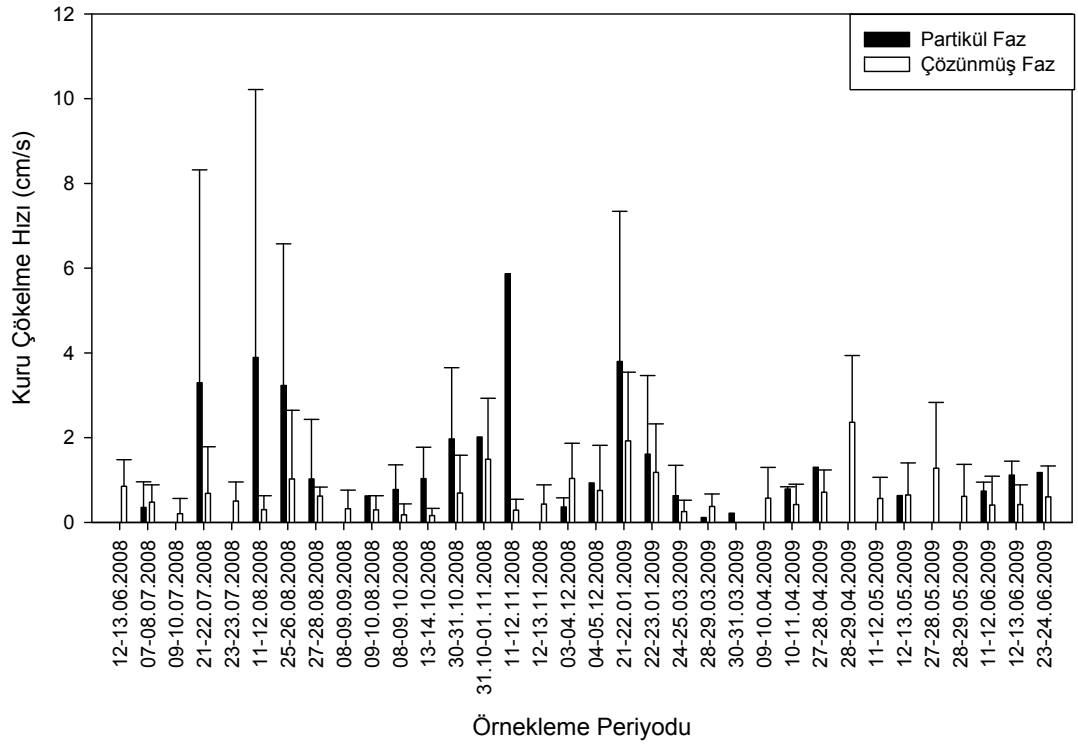


*:Partikül fazda ölçülemeyen PCB homolog grubu

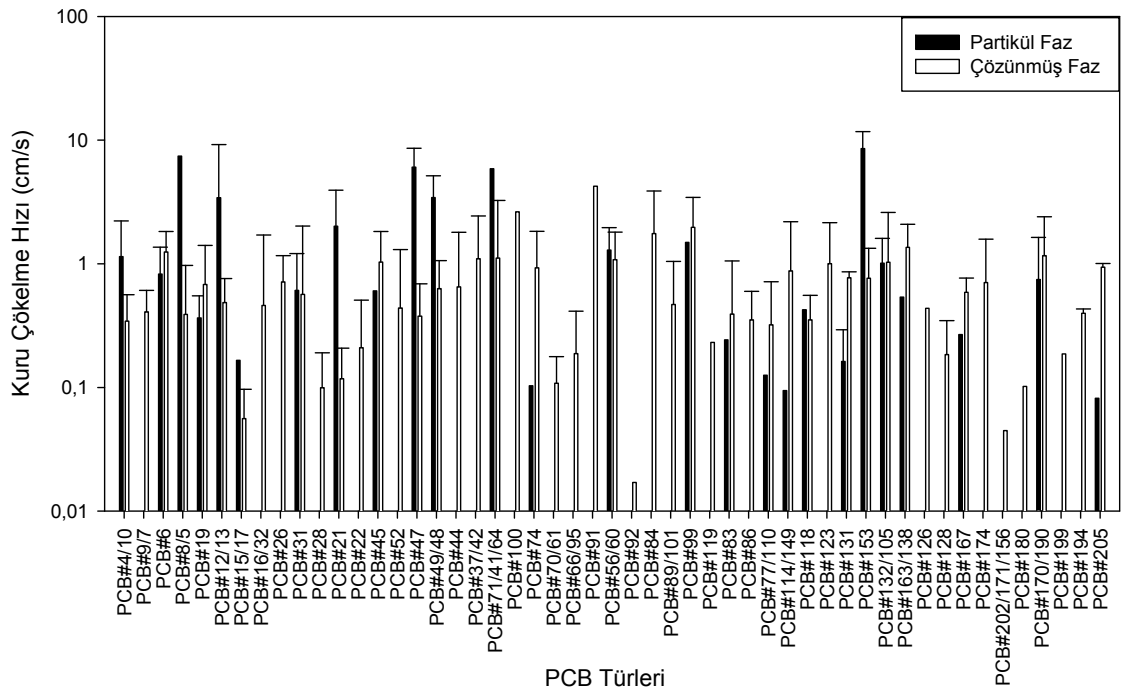
Şekil 4.22 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Türlere ait akıların değerlendirilmesinde de belirtildiği üzere düşük moleküler ağırlıklı türlerin kuru çökme akıları daha yüksek olduğu homolog dağılım grafiğinde de görülmektedir. Homolog gruplardaki yüzde partikül/çözünmüş faz oranları incelendiğinde (Şekil 4.22) bütün homolog gruplarda çözünmüş fazların baskın olduğu görülmüştür. Ayrıca BUTAL ve Uludağ Üniversitesi'nde olduğu gibi partikül fazdaki türlerin düşük moleküler ağırlıklı gruplarda, yüksek moleküler ağırlıklı türlere göre, daha büyük oranlarda bulunmaktadır.

Örnekleme dönemlerine göre Denklem 4.2 ile hesaplanan \sum PCB kuru çökme hızları bu bölgede partikül faz PCB'ler için $1,8 \pm 2,5$ cm/s çözünmüş faz için ise $0,72 \pm 0,72$ cm/s seviyesindedir (Şekil 4.23). Partikül faz değerleri, BUTAL ve Uludağ Üniversitesi'nde elde edilen partikül faz değerlerinden düşük olup KTK değerleri BUTAL ile benzer seviyelerdedir. Kuru çökme hızları ile meteorolojik veriler arasında korelasyon analizi yapılmış ancak önemli bir ilişki tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).



Şekil 4.23 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Örneklem Periyoduna Göre Değişimi

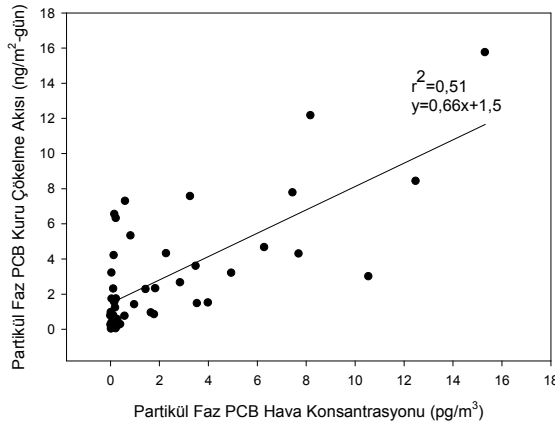


Şekil 4.24 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Türlere Göre Değişimi

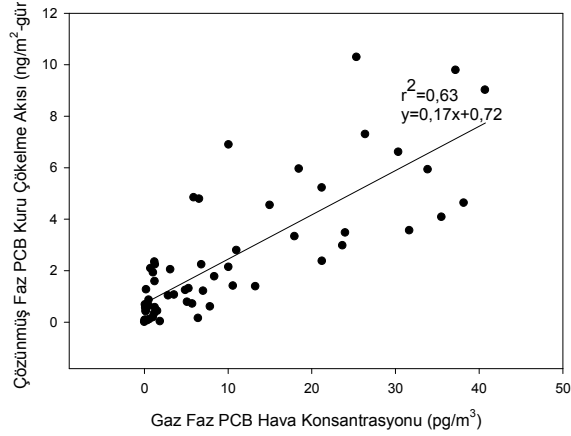
Kuru çökme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede partikül fazda 26, çözülmüş fazda 51 PCB türü için hesaplanan yıllık ortalama değerler Şekil 4.24'de verilmektedir. Yıllık ortalama kuru çökme hız değeri partikül fazlar için en yüksek PCB# 153 (8,57 cm/s) türlerinde, en düşük PCB 205 (0,08 cm/s) türünde görülmüştür. Yıllık ortalama KTK değeri ise en yüksek PCB# 91 (4,24 cm/s) türünde, en düşük ise PCB 92 (0,017 cm/s) türünde görülmüştür. Çökme hızlarının türlere göre değerleri farklılık gösterdiği görülmüştür, bölgede partikül kaynağının (yoğun trafik yükü) bulunması partikül faz kuru çökme akısını artırmış olmasına rağmen partiküllere tutunan türlerin genel olarak 2, 3, 4, 5, 6 klorlu homolog gruplara (düşük ve orta seviyelerde) ait türler olduğu ve bu türlerin çökme hızlarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Mudanya'da regresyon analizi ile elde edilen kuru çökme hızı partikül faz için 0,66 cm/s ($r^2=0,51$) (Şekil 4.25), çözülmüş faz için 0,17 cm/s ($r^2=0,63$)'dür (Şekil 4.26). Bu değerler Denklem 4.2 ile belirlenen değerlere göre düşüktür.

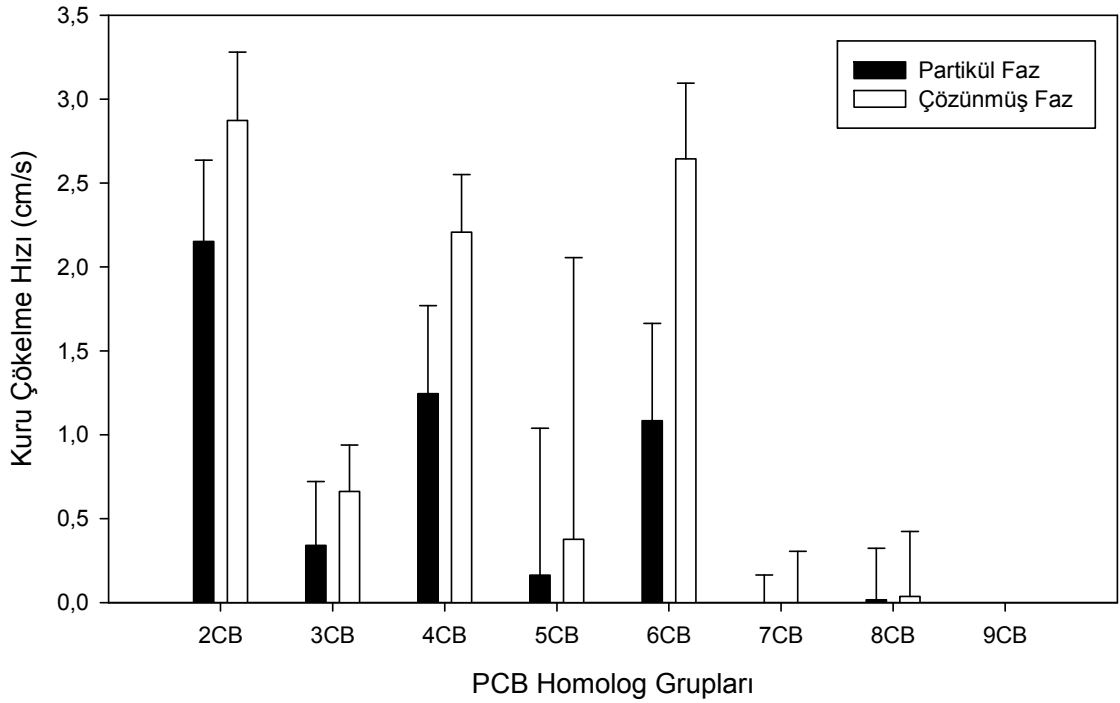
Şekil 4.27'de kuru çökme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. Partikül ve çözülmüş fazların kuru çökme hızlarının değişiminde her hangi bir trend olmadığı görülmüştür. Çökme hızlarının moleküler ağırlıklar ile orantılı olarak değişmesi beklenirken bu bölgede bulunan partikül yoğunluğunun ve PCB kaynağının uzak mesafelerden taşınması sonucunda büyük moleküler ağırlıklı türler ile daha az karşılaşmış ve bunların çökme hızlarının daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.25 Mudanya Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği



Şekil 4.26 Mudanya Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği

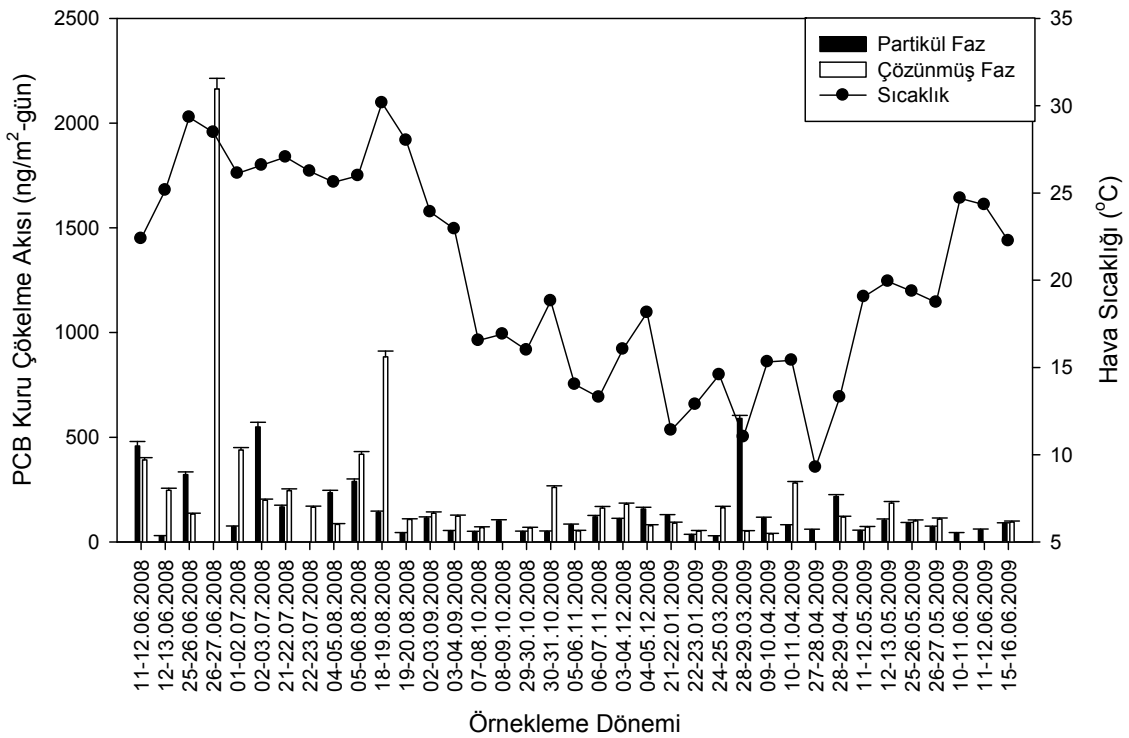


Şekil 4.27 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

4.2.4 Yavuz Selim örnekleme bölgesi

Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında küçük sanayi işletmelerinin bulunduğu ve doğalgazın yaygın olarak kullanılmadığı bir yerleşim alanı olan Yavuz Selim SYÖ ile 37 adet kuru çökme örneği alınmıştır. Kuru çökme akıları, örnekleme başlangıç ile bitiş zamanı arasındaki süreler kaydedilerek Denklem 4.1 ile

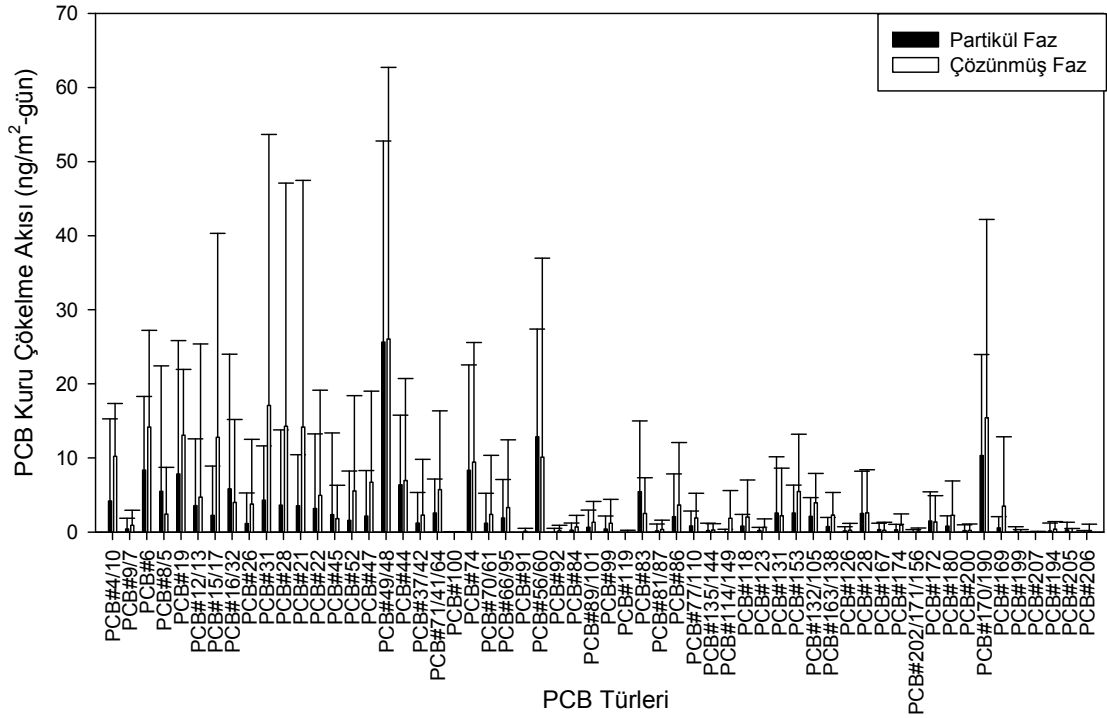
hesaplanmıştır. Denklemde kullanılan örnekleme süreleri bu bölge için 1.205 ile 1.580 dak. arasında değişmiştir. Kuru çökeltme örneklerinde hedeflenen 82 PCB türünden filtre örneklerinde 79 adetine, reçine örneklerinde ise 81 adetine rastlanmış olup yıllık ortalama kuru çökeltme akısı partikül faz için 141 ± 142 ng/m²-gün, çözülmüş faz için 245 ± 380 ng/m²-gün olarak belirlenmiştir. Örnekleme bölgesi yakınlarında partikül kaynağı bulunmaması bu bölgedeki partikül faz akılarının çözülmüş faz akılarından daha az olmasına neden olmuştur.



Şekil 4.28 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının ve Hava Sıcaklığının Zamana Bağlı Değişimi

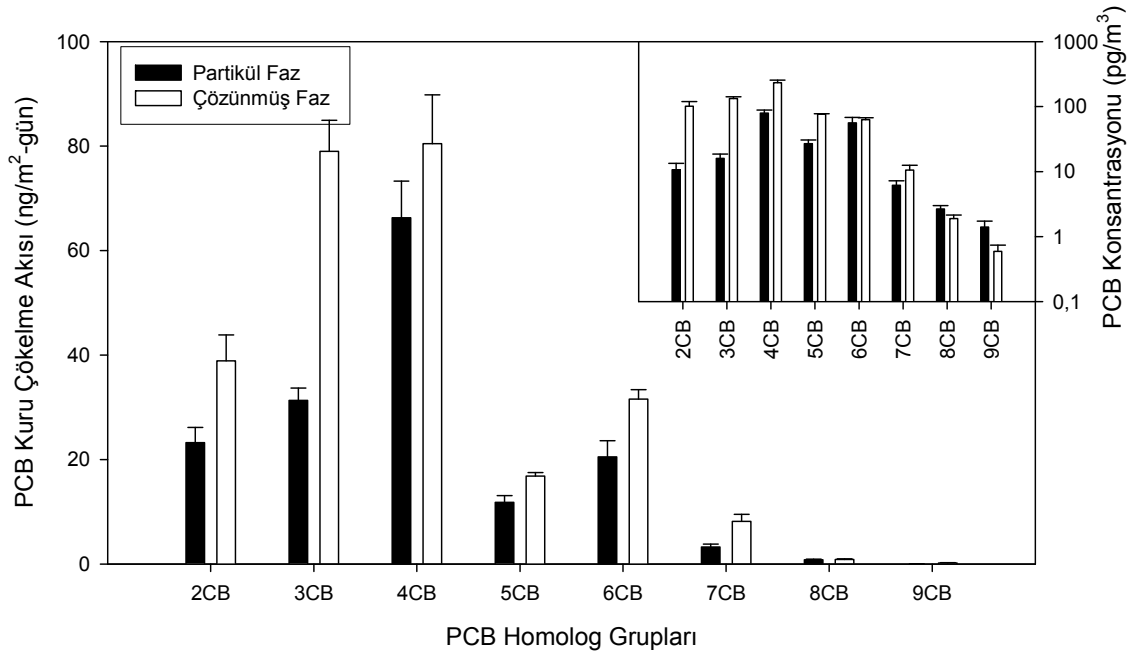
Şekil 4.28'de kuru çökeltme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Akı değerlerinin değişimleri incelendiğinde genel olarak akı değerlerinin birbirlerine benzer olduğu ancak yaz aylarında biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Meteorolojik verilerin değişimine bağlı olarak bazı günlerde akı değerlerinin pik yaptığı tespit edilmiştir. Ancak sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri ile partikül faz akı değişimleri arasında önemli bir istatistiksel ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$). Çözülmüş faz PCB'lerin kuru çökeltme akılarının ise sadece sıcaklık ile arasında önemli bir

istatistiksel ilişki bulunmuştur ($r^2=0,20$, $p<0,05$). PCB'lerin uzak mesafelerden taşınmış olmaları diğer meteorolojik parametrelere göre sıcaklıktan daha fazla etkilendiği görülmüştür.

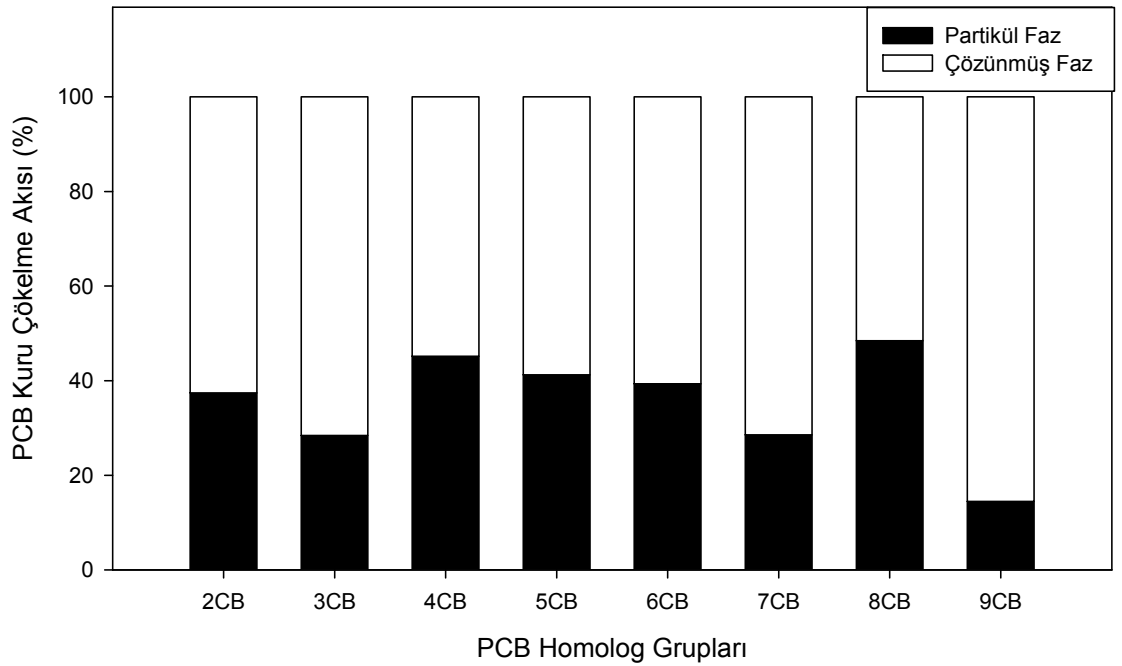


Şekil 4.29 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akılarının Türlerine Göre Değişimi

Şekil 4.29'da PCB türlerine ait kuru çökme akılarının birbirlerinden farklı oldukları ancak büyük moleküler ağırlıklı türlerin düşük ve düşük moleküler ağırlıklı türlerin daha yüksek akı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bölgede filtre örneklerinde 79 (PCB# 53, 91, 119 hariç) türe rastlanmış olup, reçine örneklerinde ise sadece PCB 53 türüne rastlanamamıştır. PCB 53 türünün hem partikül hem de çözülmüş fazda bulunmaması bölgede bulunmadığına işaret etmektedir. Örnekleme sürecinde hesaplanan yıllık ortalama akı değeri partikül fazda en yüksek PCB# 48/49 türlerine (25,65 ng/m²-gün), en düşük PCB# 207 türüne (0,0013 ng/m²-gün), çözülmüş fazda en yüksek PCB# 48/49 türlerine (26,1 ng/m²-gün), en düşük ise PCB# 100 türüne (0,009 ng/m²-gün) aittir.



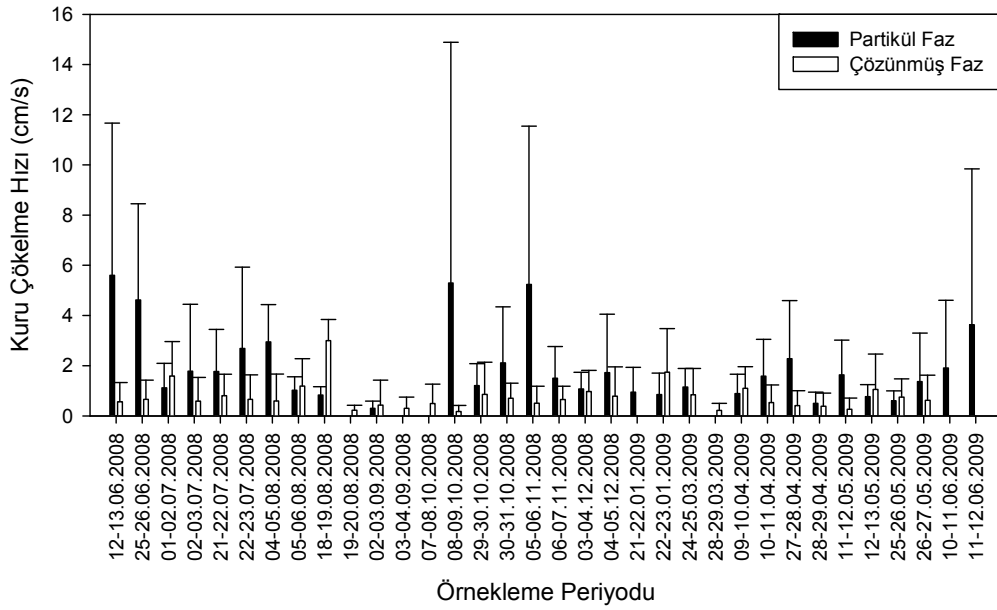
Şekil 4.30 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akılarının ve Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi



Şekil 4.31 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akıları Yüzde Dağılımlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Türlerin homolog gruplarına göre dağılımı (Şekil 4.30) türler için akı değerlerine göre türlerin akı değerleri halinde daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Buna göre her iki

fazda da 2-, 3- ve 4- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Türler e ait akıların değerlendirilmesinde de belirtildiği üzere düşük moleküler ağırlıklı türlerin kuru çökeltme akılarının daha yüksek olduğu homolog dağılım grafiğinde de görülmektedir. Homolog gruplardaki yüzde partikül/çözünmüş faz oranları incelendiğinde (Şekil 4.31) bütün homolog gruplarda çözünmüş fazların baskın olduğu ve partikül/çözünmüş faz oranlarının homolog gruplardan yani moleküler ağırlıklardan bağımsız olarak görülmüştür.

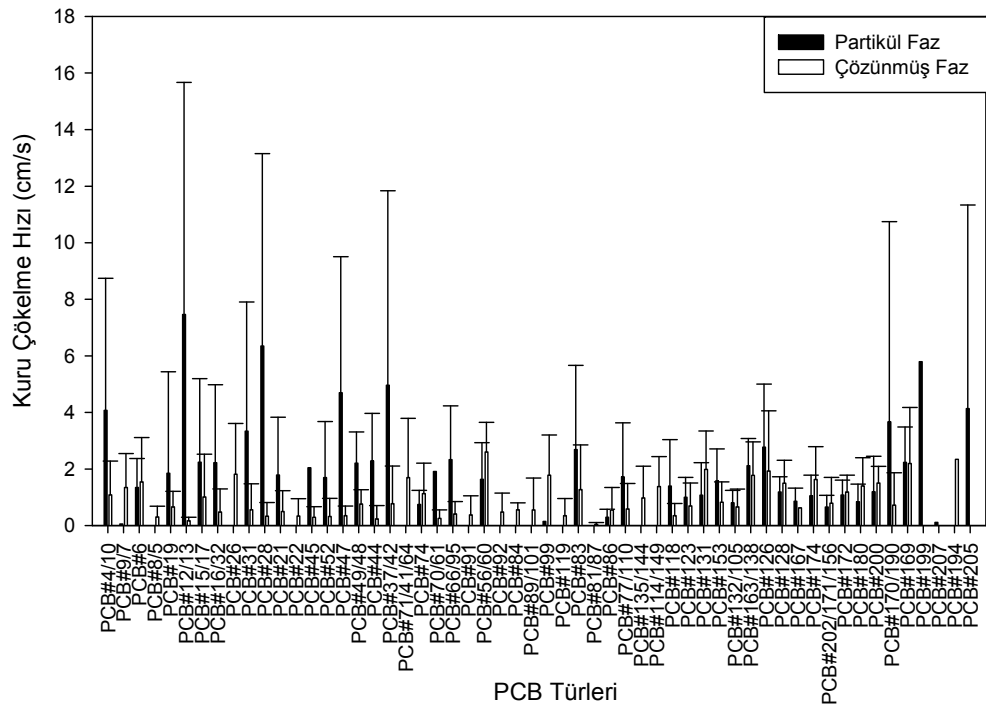


Şekil 4.32 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Örneklem Periyoduna Göre Değişimi

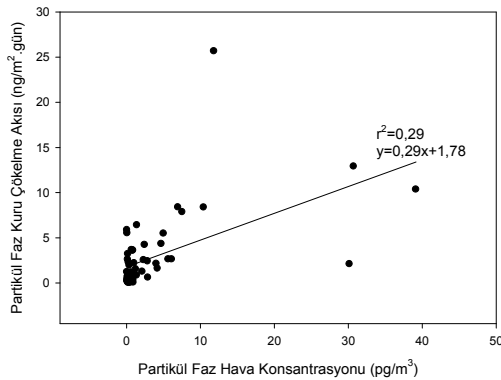
Kuru çökeltme akılarının, o periyotta ölçülen hava örnekleri ile elde edilen konsantrasyon değerlerine oranı ile kuru çökeltme hızları hesaplanmaktadır. Buna göre hesaplanan \sum PCB kuru çökeltme hızları bu bölgede partikül faz PCB'ler için $2,2 \pm 1,7$ cm/s çözünmüş faz için ise $0,95 \pm 0,65$ cm/s seviyesindedir (Şekil 4.32). Kuru çökeltme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede partikül fazda 43, çözünmüş fazda 53 PCB türü için hesaplanan değerler Şekil 4.33'de verilmektedir. Yıllık ortalama kuru çökeltme hızı partikül fazlar için en yüksek PCB# 12 ve 13 (7,5 cm/s) türlerinde, en düşük PCB 7 ve 9 (0,06 cm/s) türlerinde görülmüştür. Yıllık ortalama KTK değeri ise en yüksek PCB# 55 ve 60 (2,6 cm/s) türlerinde, en düşük PCB 81/87 (0,017 cm/s) türlerinde görülmüştür. Çökeltme hızlarının türlere göre değerleri farklılık gösterdiği

görülmüştür, ayrıca partiküller için belirlenen kuru çökme hızları ile çözülmüş fazlar için belirlenen kütle transfer katsayılarından daha yüksek olduğu aşıkardır.

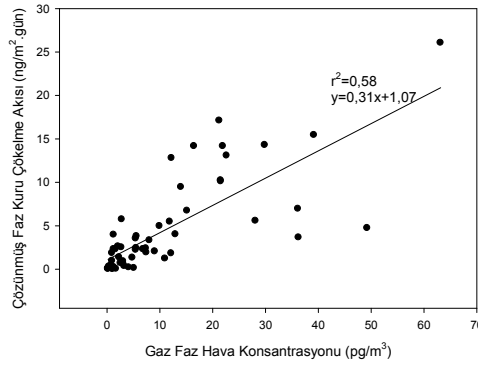
Yavuz Selim Bölgesi'nde regresyon analizi ile elde edilen kuru çökme hızı partikül faz için 0,29 cm/s ($r^2=0,29$) (Şekil 4.34), çözülmüş faz için 0,31 cm/s ($r^2=0,58$)'dür (Şekil 4.35). Bu değerler Denklem 4.2 ile belirlenen değerlere göre düşüktür.



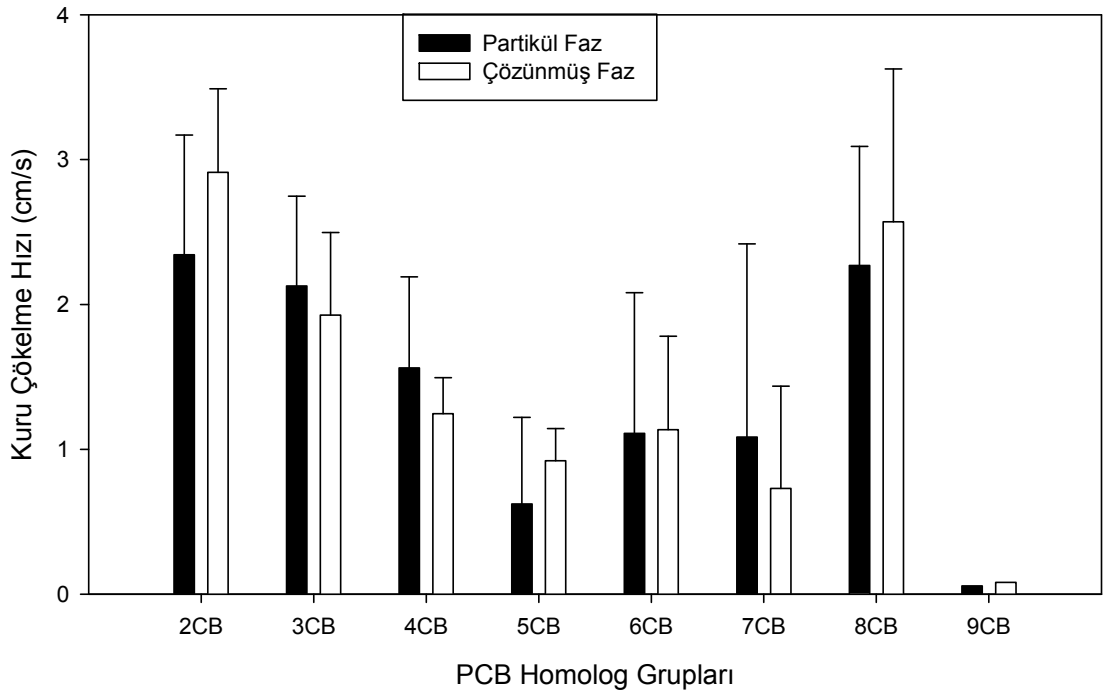
Şekil 4.33 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Türlerine Göre Değişimi



Şekil 4.34 Yavuz Selim Bölgesine ait Partikül Faz PCB Regresyon Grafiği



Şekil 4.35 Yavuz Selim Bölgesine ait Gaz Faz PCB Regresyon Grafiği



Şekil 4.36 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Şekil 4.36’da kuru çökme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. Partikül ve çözülmüş fazların kuru çökme hızlarının değişiminde her hangi bir eğilim olmadığı görülmüştür. Çökme hızlarının moleküler ağırlıklar ile orantılı olarak değişmesi beklenirken 2-5 klorlularda bu durumun tersi ile 5-8 klorlularda ise bu durumu destekler nitelikte değişiklik görülmüştür. 9- klorlularda ise yalnızca 1 tür için değerlerin belirlenebilmiş olması elde edilen değerlerin 9- klorlu türleri tam olarak niteleyemeyeceği düşünülmektedir.

4.2.5. SYÖ ile belirlenen kuru çökelme akılarının ortak değerlendirilmesi

Bursa kentinde dört farklı özelliğe sahip bölgede SYÖ ile kuru çökelme örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin partikül ve çözünmüş fazları ayrı olarak ölçülmüş ve iki faz için de değerler elde edilmiştir. Buna göre partikül faz PCB akılarının en yüksek olduğu bölge Uludağ Üniversitesi bölgesi olarak tespit edilmiştir. Bu bölge yarı-kırsal özelliklere sahip olmasına rağmen etrafındaki muhtemel PCB kaynaklarından (Mudanya, çamur kurutma ünitesi, arıtma tesisi, vb.) taşınan PCB'lerin bölgeye taşınması ve bölgenin yarı kırsal ve ormanlık bir alan olması ile havalanan partiküllere tutunması sonucu partikül faz PCB değerleri yüksek bulunmuştur.

Partikül faz akı değerlerinin yüksek olduğu ikinci bölge BUTAL'dir. Bu bölgenin yoğun trafik yüküne sahip olması kuru havalarda partiküllerin havalanmasına ve partikül faz değerlerinin yüksek olmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu bölgede partikül faz kuru çökelme akılarının toplam çökelmedeki katkısının diğer bölgelere göre fazla olması yoğun trafik yükünün ormanlık alanların oluşturduğu partikül maddelere göre daha fazla partikülün havalanmasına neden olduğunu göstermiştir. Partikül faz akı değerlerinin yüksek olduğu üçüncü bölge ise Yavuz Selim'dir. Bu bölge yakınlarında partikül madde kaynağının bulunmaması diğer iki bölgeye göre daha düşük değerlerin elde edilmesine ve bu bölgedeki toplam kuru çökelmede partikül faz PCB'lerin etkisinin çözünmüş fazdakinden daha düşük olmasına neden olmuştur. En düşük partikül faz PCB kuru çökelme akı değerlerinin elde edildiği bölge Mudanya'dır. Bu bölgenin etrafında ormanlık alan bulunması PCB'lerin bu partiküller üzerinde tutunmalarına neden olmuştur. Ancak PCB kuru çökelme akı değerlerinin daha düşük olması, PCB kaynaklarının bu bölgeden uzak olmasından kaynaklanmaktadır. Çözünmüş faz akılarının bölgelerde elde edilen değerleri büyüklüklerine göre sıralandığında partikül fazda olduğu gibidir ($F_{UÜ} > F_{BUTAL} > F_{YS} > F_{Mudanya}$). Yarı-kırsal alan olan Uludağ Üniversitesi'nde daha yüksek değerler elde edilmesi bölgenin yerleşim alanlarına, otoyola, endüstri bölgelerine yakınlığından ve kampüs içerisindeki trafik ile ısınma faaliyetlerinden ileri geldiği düşünülmektedir.

Mudanya bölgesi dışında diğer bölgelerde çözünmüş faz çökeltme akılarının sıcaklık ile arasında önemli bir istatistiksel ilişki olduğu görülmüştür. Mudanya’da sıcaklıkla korelasyonun bulunamaması bu bölgede uzak mesafelerden taşınmaya bağlı olarak daha az PCB türünün bulunması ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Bölgelerde genel olarak çözünmüş fazda bulunan PCB tür sayıları partikül fazdaki tür sayılarından daha fazladır. Bu durum partikül faza geçiş yapan türlerin daha kısa mesafelerde taşınarak çöktüğünü ve çözünmüş fazdaki PCB’lerin daha uzun mesafelerce bozunmadan taşınabildiğini göstermiştir.

Literatürdeki çalışmalarda SYÖ ile belirlenen değerler (Çizelge 2.4) ile bu çalışmada elde edilen değerler karşılaştırıldığında daha önce Bursa’da yapılan çalışmadaki BUTAL ve Uludağ Üniversitesi’nde elde edilen değerlere göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu çalışmada daha fazla PCB türünün analiz edilmesi ve her 2 çalışmada da analizlenen türlerinin bazılarının da farklı olması akı değerleri arasındaki farkın en önemli sebeplerinden biridir. Bunun yanı sıra bir önceki örnekleme döneminden bu örnekleme dönemi arasında bu bölgelerin gelişmiş olması trafik ve kentleşmenin artmasıyla değerlerin değişmesinin olağan olduğu düşünülmektedir. Kentleşme ile PCB değerlerinin yüksek olması durumu literatürdeki Chicago’da kentsel alanda elde edilene ve bu çalışmadaki bütün akı değerlerinden daha yüksek değerlerin bulunmuş olmasıyla desteklenmiş olmaktadır.

Bölgelerde elde edilen partikül faz kuru çökeltme hızları karşılaştırıldığında en yüksek çökeltme hızlarının Uludağ Üniversitesi ve BUTAL’de olduğu görülmüştür. Bu durum, ormanlık alandan ve yoğun trafikselle hareketlerden kaynaklanan partikül maddelerin PCB’lerin kuru çökeltme hızlarını arttırdığına işaret etmektedir. Çözünmüş faz için hesaplanan kuru çökeltme hızları aynı zamanda kütle transfer katsayısını (KTK) ifade etmektedir. KTK değerleri dört bölgede de birbirlerine benzer seviyelerde bulunmuştur. KTK değerleri partikül faz PCB’lerin çökeltme hızlarından çok daha düşüktür ve bu, partiküller ile çözünmüş faz PCB’lerin sahip olduğu kütle farklarından kaynaklanmaktadır.

4.3. IKÇÖ ile Belirlenen Kuru Çökme Akısı

Örnekleme süresince yağışsız zamanlarda atmosfere açık olan kuru çökme haznesi ile kuru çökme örnekleri alınmıştır. Kuru çökme akı değerlerinin (F) belirlenmesinde belli bir alana (A) belirli bir zaman aralığında (t) çöken partiküllerin miktarının doğrudan ölçülerek tespiti gerçekleştirilmiştir (Denklem 4.1). IKÇÖ kuru çökme haznesinin yüzey alanı $0,16\text{m}^2$ 'dir. Örnekleme süreleri ise yaklaşık 15 gün olup net süreler her bir örnek için örnekleyici üzerindeki saat ile belirlenmiştir.

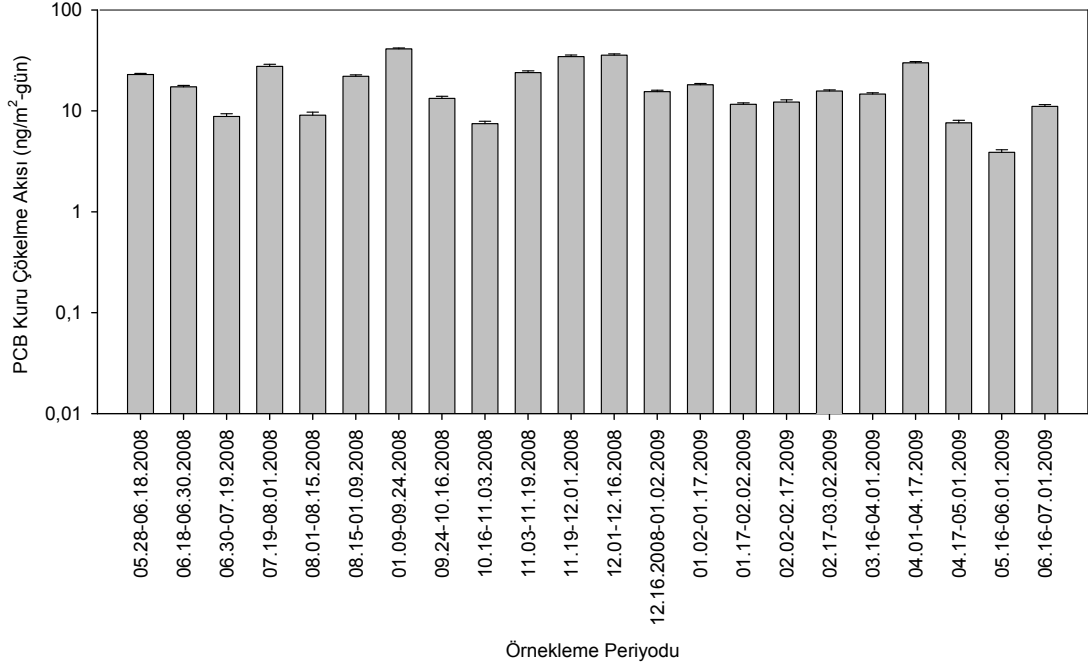
PCB'lerin kuru çökme hızları (V_d) ise eş zamanlı olarak ölçülen partikül faz hava konsantrasyonları (C_{hava}) kullanılarak ölçülen akı miktarının (F) bu değerlere bölünmesi ile hesaplanmıştır (Denklem 4.2).

4.3.1. BUTAL örnekleme bölgesi

Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında kentsel bölge özellikleri ve yoğun trafik yüküne sahip BUTAL bölgesinden IKÇÖ ile 22 adet kuru çökme örneği alınmıştır. Kuru çökme akıları, IKÇÖ'ndeki saat ile elde edilen yağışsız süreler kullanılarak Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır. Denklemde kullanılan örnekleme süreleri bu bölge için 3.330 ile 43.880 dak. arasında değişmiştir. Kuru çökme örneklerinde hedeflenen 82 PCB türünden 80'ine rastlanmış olup ortalama kuru çökme akısı $18\pm 10\text{ ng/m}^2\text{-gün}$ olarak belirlenmiştir.

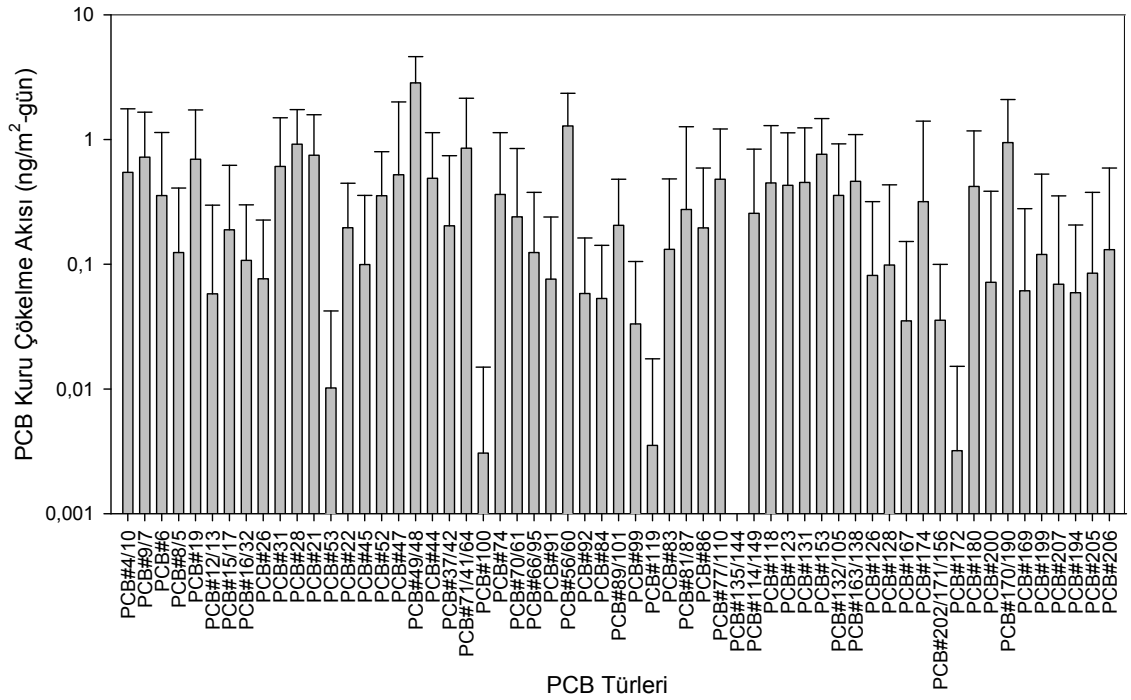
Şekil 4.37'de kuru çökme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Akı değerlerinin değişimleri arasında mevsimsel olarak belirli bir eğilim görülmemektedir. Zira sıcaklık değişimi ile akı değişimleri arasında önemli bir istatistiksel ilişki olmadığı belirlenmiştir ($r^2= 0,009$ ve $p>0,05$). Rüzgar hızı ile kuru çökme arasındaki korelasyonda r^2 değeri 0,15 olup negatif bir korelasyon bulunmuştur ($p>0,05$). Bu sonuç, yüksek hızdaki rüzgarların kuru çökme haznesinde biriken partiküllerin yeniden havalanarak örnekleyiciden ayrılabilceğini göstermektedir. Ayrıca rüzgar hızının akı üzerindeki etkisinin sıcaklık ile olabilecek muhtemel negatif ilişkiyi (sıcaklığın artmasıyla ve örnekleyici yüzeyinin ısınması ile örnekleyicide

toplanan PCB'lerin tekrar buharlaştığı düşünülmemektedir) gölgelediği düşünülmektedir. Kuru çökeltme akısının bağıl nem değeri ile doğru orantılı olarak değişmesi beklenirken bu bölgede bağıl nem ile kuru çökeltme arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur ($p>0,05$).



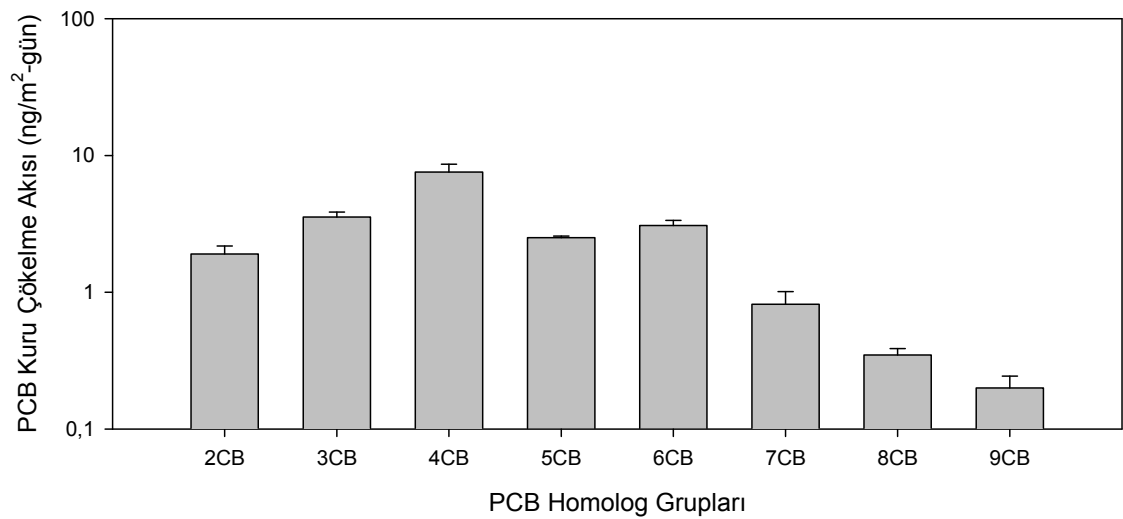
Şekil 4.37 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Örneklem Periyotlarına Göre Değişimi

Dönemsel kuru çökeltme akısı ile bu dönemlerde alınan hava örnekleri ile elde edilen ortalama partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Rüzgarın etkisi ile kuru çökeltme haznesindeki partiküllerin havalanmış olmasının ve ölçülen partiküllerin boyut dağılımının akılar ile konsantrasyonlar arasındaki muhtemel bir ilişkiyi engellemiş olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 4.38 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Türlere Göre Değişimi

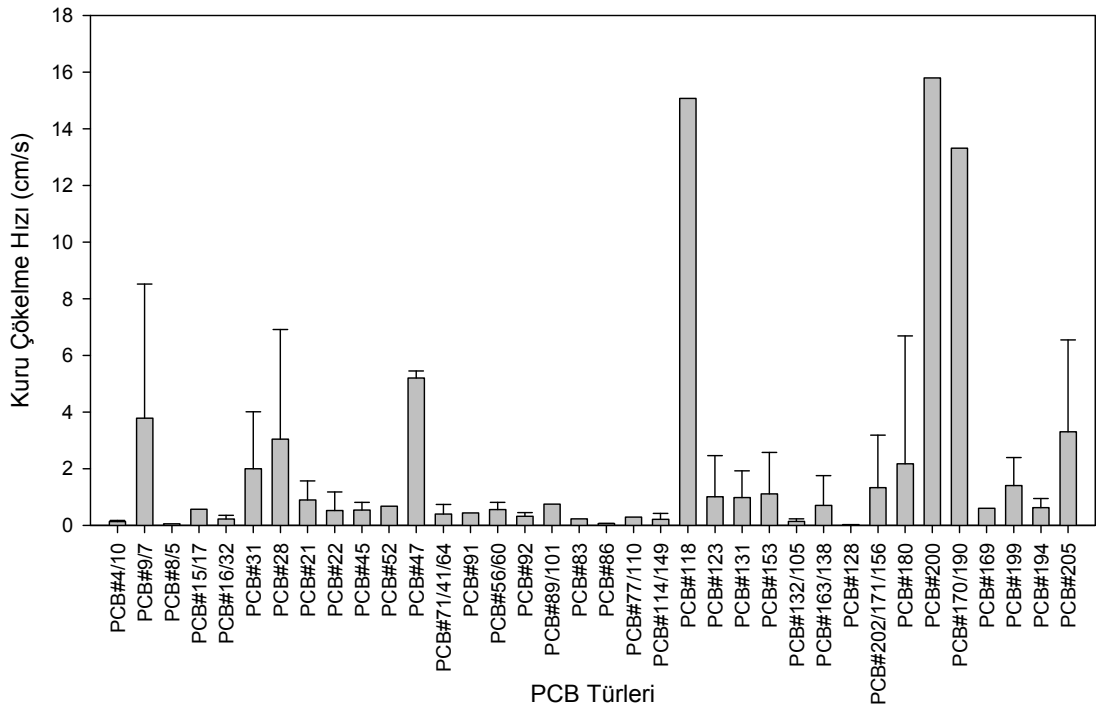
Şekil 4.38’de PCB türlerine ait kuru çökeltme akılarının birbirlerinden farklı oldukları ve moleküler ağırlıklarına bağlı olmayan bir değişim görülmektedir. Bölgede 80 PCB türü belirlenmiş olup PCB#135/144 türleri için akı değeri tespit edilememiştir. Örnekleme döneminde hesaplanan yıllık ortalama akı değeri en yüksek PCB# 48/49 türlerine ($2,85 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), en düşük ise PCB#100 türüne ($0,003 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) aittir.



Şekil 4.39 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Türlerin homolog gruplarına göre dağılımı (Şekil 4.39) türler için akı değerlerine göre türlerin akı değerleri halinde daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Buna göre 3-, 4-, ve 5- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu ve 5-9 homolog gruplarda ise azalma gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek akı değerleri % 38'lik oran ile 4 klorlu türlere ait olup genel dağılımları 4CB>3CB>6CB>5CB>2CB>7CB>8CB>9CB şeklindedir. Büyük moleküler ağırlıklı türlerin partikül fazda bulunma ve kuru çökme ile atmosferden uzaklaşma eğiliminde olmaları bu türlerin kuru çökme akılarının yüksek olmasının beklenmesine neden olmaktadır.

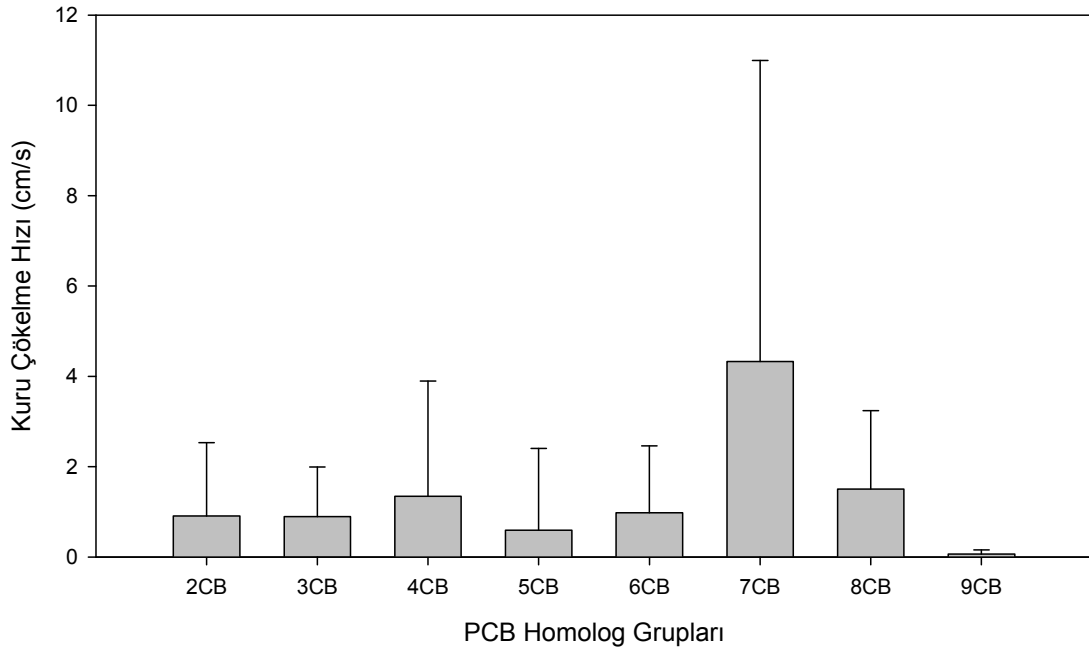
Homolog dağılımlar için kuru çökme akıları ile partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında kuvvetli bir istatistiksel ilişki bulunmuştur ($r^2=0,933$, $p<0,05$). Bu ilişki, havada belirlenen partikül faz PCB türleri ile IKÇÖ ile toplanan kuru çökme örneklerindeki PCB türlerinin benzer olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.40 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Türlerle Göre Değişimi

Kuru çökme akılarının, o periyotta ölçülen hava örnekleri ile elde edilen konsantrasyon değerlerine oranı ile kuru çökme hızları hesaplanmaktadır (Denkle

4.2). Buna göre hesaplanan Σ PCB kuru çökme hızları bu bölgede $2\pm 2,3$ cm/s seviyesindedir. Kuru çökme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede 40 PCB türü için hesaplanan yıllık ortalama değerler Şekil 4.40'da verilmektedir. Yıllık ortalama kuru çökme hızı en yüksek PCB# 200 için elde edilmiş olup değeri 15,8 cm/s'dir. En düşük ortalama kuru çökme hızı ise PCB# 128 türünde (0,03 cm/s) bulunmuştur. Çökme hızlarının türlere göre değerleri farklılık göstermiş olmasına rağmen moleküler ağırlığı fazla olan türlerin genel olarak daha yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu durum, PCB türlerinin moleküler ağırlıkları arttıkça partiküllere tutulma eğilimlerinin arttığını dolayısıyla daha yüksek kuru çökme hızlarına sahip oldukları ile açıklanabilir. Buna ek olarak genellikle büyük çökme hızları kaba partiküller ve atmosferik şartlarla ilişkilendirilmiştir (Tasdemir ve Holsen 2005). Bu bölgede trafiğin yoğun olması, araçlardan kaynaklanan türbülans ile partiküllerin havalanıp tekrar çökmeleri, sonucu partikül fazdaki PCB'lerin daha çok kaba partiküllere bağlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.41 BUTAL Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Şekil 4.41'de kuru çökme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. 7 ve 8 klorlu türlerin kuru çökme hızlarının daha yüksek olduğu burada daha net olarak görülmektedir. Genel olarak, PCB'lerin kuru çökme hızlarının PCB türünün içerdiği

klor seviyesiyle ilişkili olduğu yani klor sayısının artmasıyla çökme eğiliminin arttığı belirtilmiştir. Ancak, kuru çökme akılarına da belirtildiği gibi, bu çalışmada ölçümü yapılan 9 klorlu homolog gruptaki tür sayılarının (n=2) diğer homologlara göre daha az olması bu gruba ait kuru çökme hızlarını tam olarak nitelenememesine neden olabileceği düşünülmüştür. Kuru çökme hızlarının homolog gruplar için dağılımı 7CB>8CB>4CB>6CB>3CB>2CB>5CB>9CB şeklindedir.

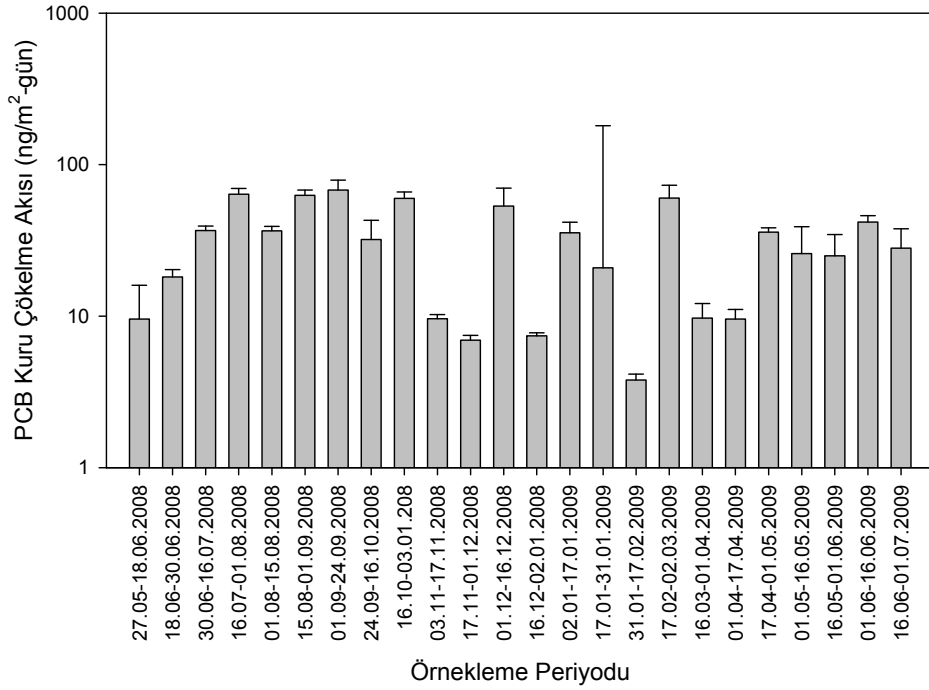
Kuru çökme hızlarının meteorolojik parametrelerle olan muhtemel ilişkilerini araştırmak için korelasyon analizi yapılmıştır. Sıcaklık ile arasında bir ilişki bulunamazken rüzgar hızı ile kuru çökme hızlarının negatif yönlü değiştiği görülmüştür ($r^2=0,285$, $p<0,05$). Bu sonuç, rüzgar hızının artmasıyla kuru çökme akılarının dolayısıyla kuru çökme hızlarının azaldığını göstermiştir.

4.3.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi

Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında yarı-kırsal bir alan olan Uludağ Üniversitesi bölgesinden IKÇÖ ile 24 adet kuru çökme örneği alınmıştır. Örnekleme süreleri 2.270 ile 28.545 dak. arasında değişim göstermiştir. Bu örneklerde 77 PCB türüne rastlanmış olup ortalama kuru çökme akısı 32 ± 21 ng/m²-gün olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler BUTAL ve Mudanya bölgelerine ait partikül faz akı değerlerinden daha düşüktür ancak bu bölge hem ormanlık alana hem de kentsel alana yakın olması dolayısıyla diğerlerine göre partikül akısının daha yüksek olması olağandır.

Şekil 4.42’de kuru çökme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Akı değişimleri arasında belirli bir değişim eğilimi bulunamamış; genel olarak benzer değerler aldığı görülmüştür. Bu gözlem, akı değişimleri ile sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri ile aralarında önemli bir ilişki bulunamamış olmasıyla desteklenmiştir ($p>0,05$). Partiküllerin bu bölgede yoğun olarak bulunmasının olabilecek ilişkinin tespitini engellediği düşünülmüştür.

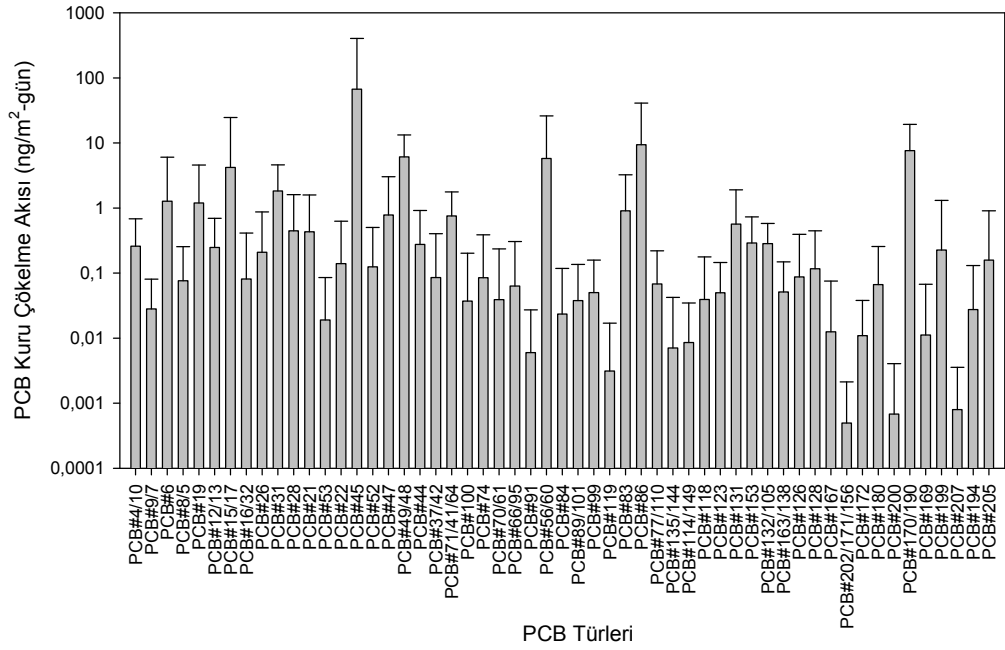
Dönemsel kuru çökme akısı ile bu dönemlerde alınan hava örnekleri ile elde edilen ortalama partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Bu duruma bölgedeki partikül dağılımının, meteorolojik parametreler ile korelasyon da olduğu gibi, neden olabileceği düşünülmektedir.



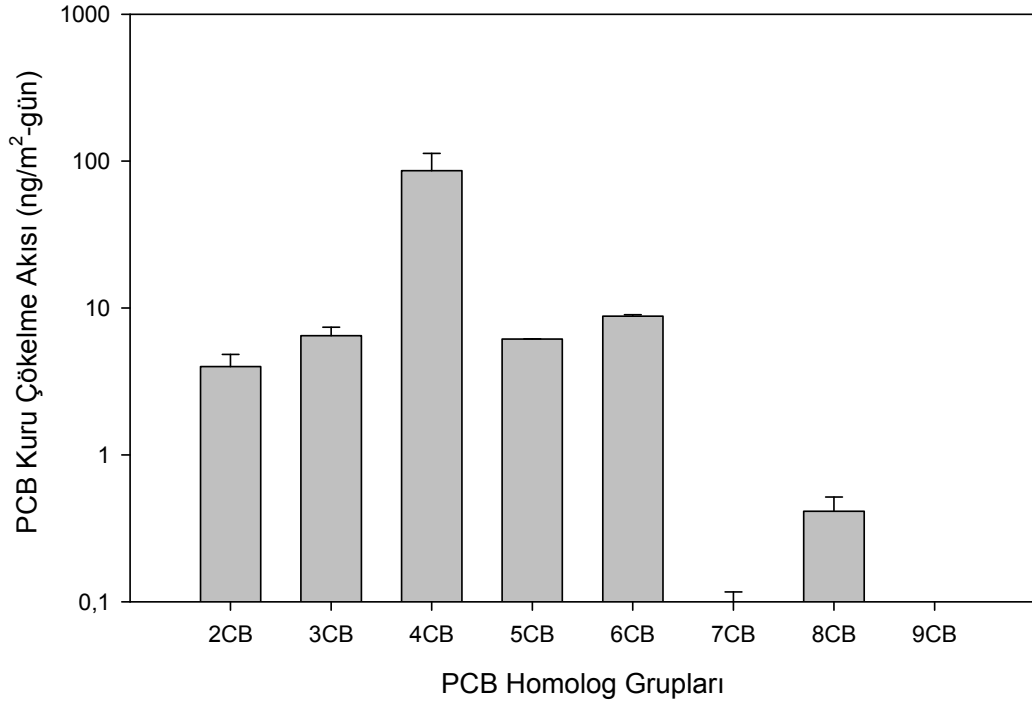
Şekil 4.42 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akılarının Örnek Periyotlarına Göre Değişimi

Şekil 4.43'de PCB türlerine ait kuru çökme akılarının genel olarak birbirlerine benzer oldukları görülmektedir. Bölgede 77 PCB türü belirlenmiş olup diğer 5 tür (PCB# 92, 81, 87, 174 ve 206) için akı değeri tespit edilememiştir. Örnekleme dönemi süresince heaplanan yıllık ortalama akı değeri en yüksek PCB# 45 türlerine (67,3 ng/m²-gün), en düşük ise PCB# 202, 171 ve 156 türlerine (0,0005 ng/m²-gün) aittir.

Türlerin homolog gruplarına göre dağılımı (Şekil 4.44) verilmiştir. Buna göre 4- ve 6- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu ve gruplar arasında değerlerin dağınık bir değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek akı değerleri % 77'lik oran ile 4- klorlu türlere ait olup dağılımları 4CB>6CB>3CB>5CB>2CB>8CB>7CB>9CB şeklindedir.



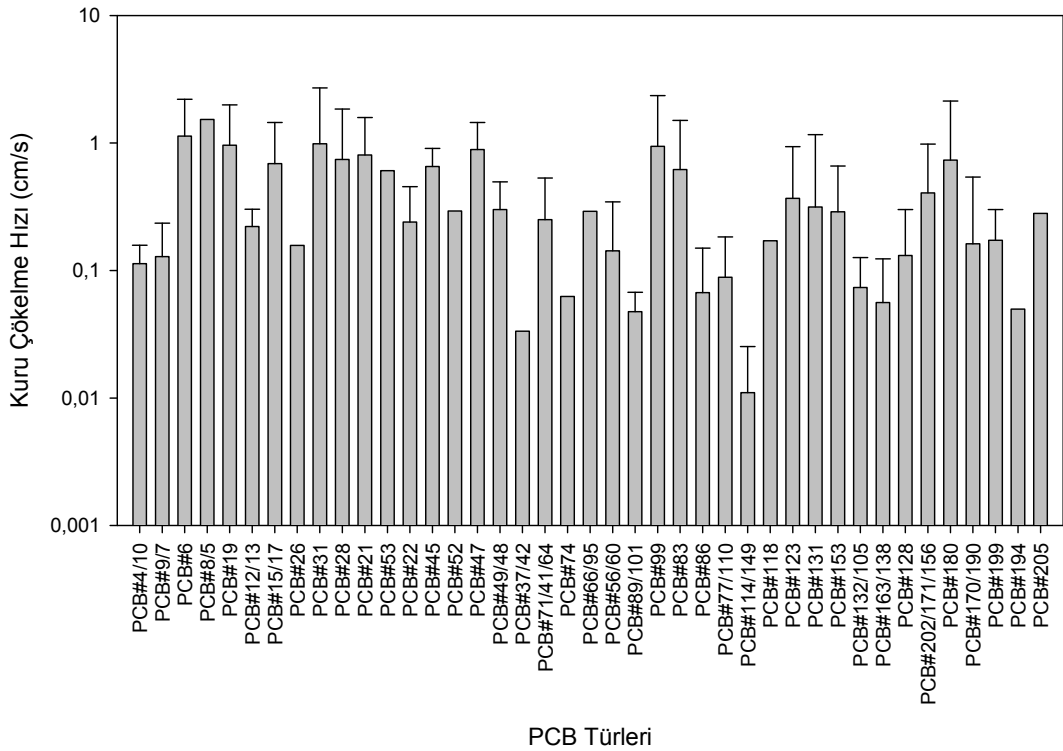
Şekil 4.43 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Kuru Çökme Akılarının PCB Türlerine Göre Değişimi



Şekil 4.44 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Homolog grup dağılımlarının kuru çökme akıları ile partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve diğer bölgelerde olduğu gibi aralarında kuvvetli bir istatistiksel ilişki bulunmuştur ($r^2=0,65$, $p<0,05$). Bu ilişki, havada belirlenen partikül faz PCB türleri ile IKÇÖ ile toplanan kuru çökme örneklerindeki PCB türlerinin benzer olduğunu göstermektedir.

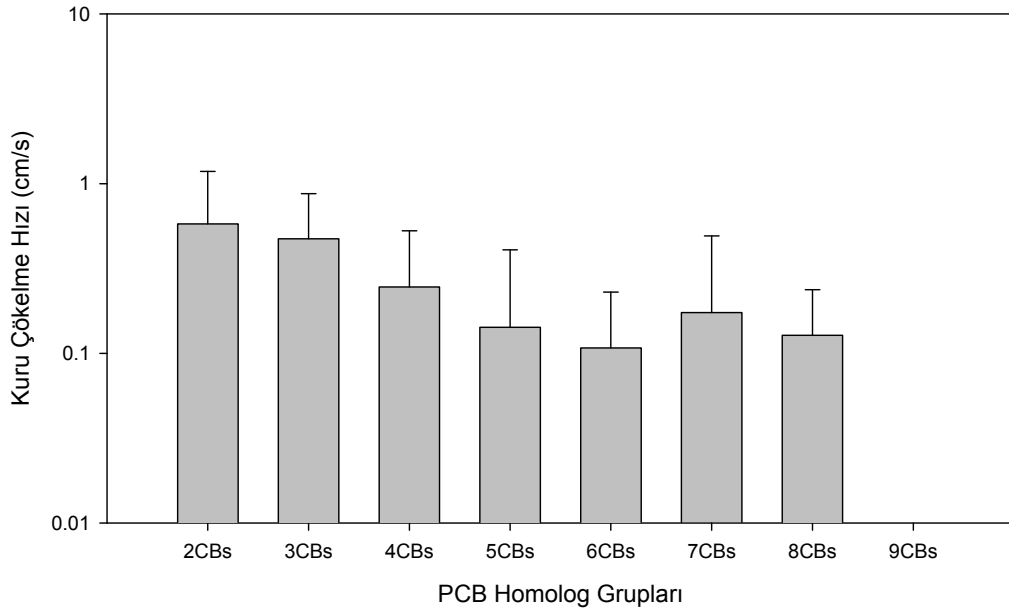
Yıllık ortalama kuru çökme hızları bu bölgede $0,40\pm 0,45$ cm/s seviyesindedir. Kuru çökme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede 59 PCB türü için hesaplanan değerler Şekil 4.45’de verilmektedir. Yıllık ortalama kuru çökme hızı en yüksek PCB# 5 ve 8 türleri için elde edilmiş olup değeri 1,5 cm/s’dir. En düşük yıllık ortalama kuru çökme hızı ise PCB# 114 ve 149 türlerinde (0,01 cm/s) bulunmuştur. Çökme hızlarının türlere göre değerleri farklılık göstermiş olmasına rağmen moleküler ağırlıklarına göre değişimleri hakkında bu grafik ile net bir bilgi edinilememektedir.



Şekil 4.45 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Kuru Çökme Hızlarının PCB Türlerine Göre Değişimi

Şekil 4.46’da kuru çökeltme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. 2 ve 3 klorlu türlerin kuru çökeltme hızlarının daha yüksek olduğu burada daha net olarak görülmektedir. Bu bölgede, Mudanya ve BUTAL’de belirlenen homolog dağılımdan farklı bir durum görülmüştür. Bu durum, bölgede genel olarak büyük partiküllerin düşünülmesi dolayısıyla burada belirlenen türlerin partiküllere tutunma eğilimlerinin partikül boyutlarına göre değiştiğini göstermektedir.

Kuru çökeltme hızlarının meteorolojik parametrelerle olan muhtemel ilişkilerini araştırmak için korelasyon analizi yapılmıştır. Sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri ile arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Bu ilişki, kuru çökeltme hızlarının da bölgedeki partikül dağılımından ileri geldiği düşünülmektedir.

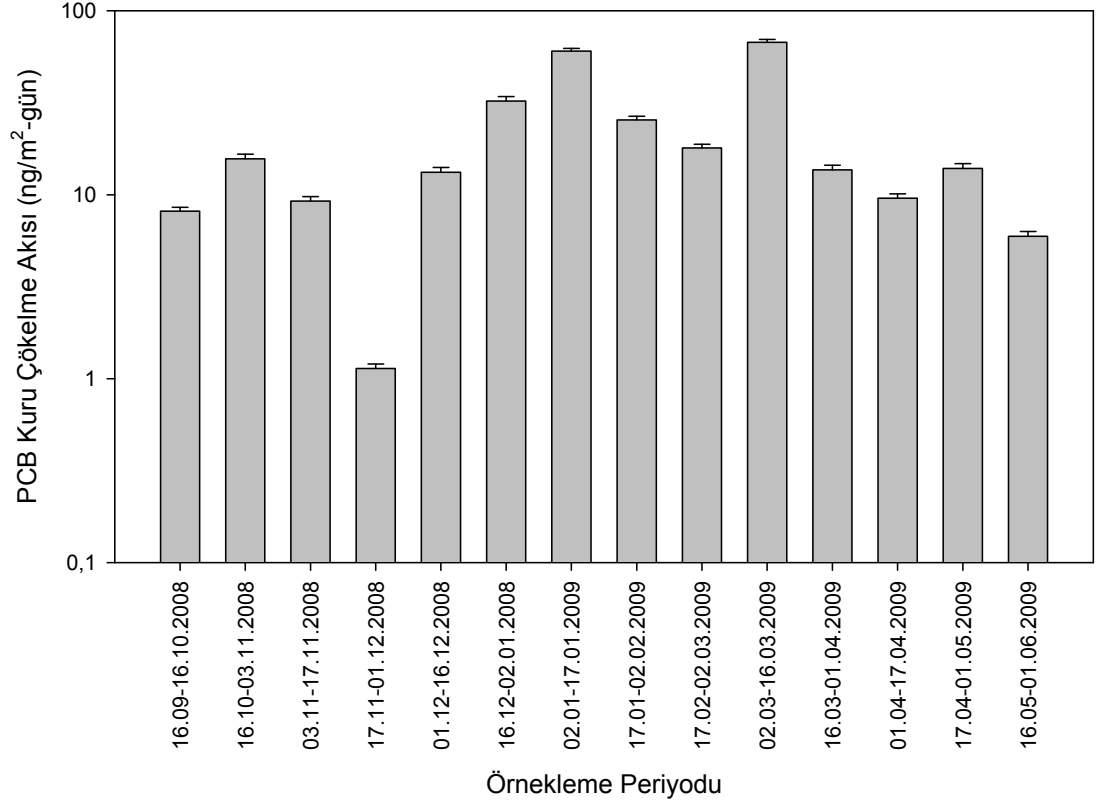


Şekil 4.46 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

4.3.3. Mudanya örnekleme bölgesi

Ağustos 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında bir kıyı kenti olan Mudanya’dan İKÇÖ ile 14 adet kuru çökeltme örneği alınmıştır. Bu örneklerin süreleri 2.950 ile 27.890 dak. arasında değişmiştir. Kuru çökeltme örneklerinde hedeflenen türlerin 59 adedine rastlanmış olup ortalama kuru çökeltme akısı 21 ± 20 ng/m²-gün olarak belirlenmiştir. BUTAL’de elde edilen partikül faz akı değerlerinin daha düşük olmasına

rağmen bu bölgenin ormanlık alana yakın olması polenlerin bölgedeki partikül akısını dolayısıyla da partiküllere tutunan PCB kütlesini arttırdığı düşünülmüştür.

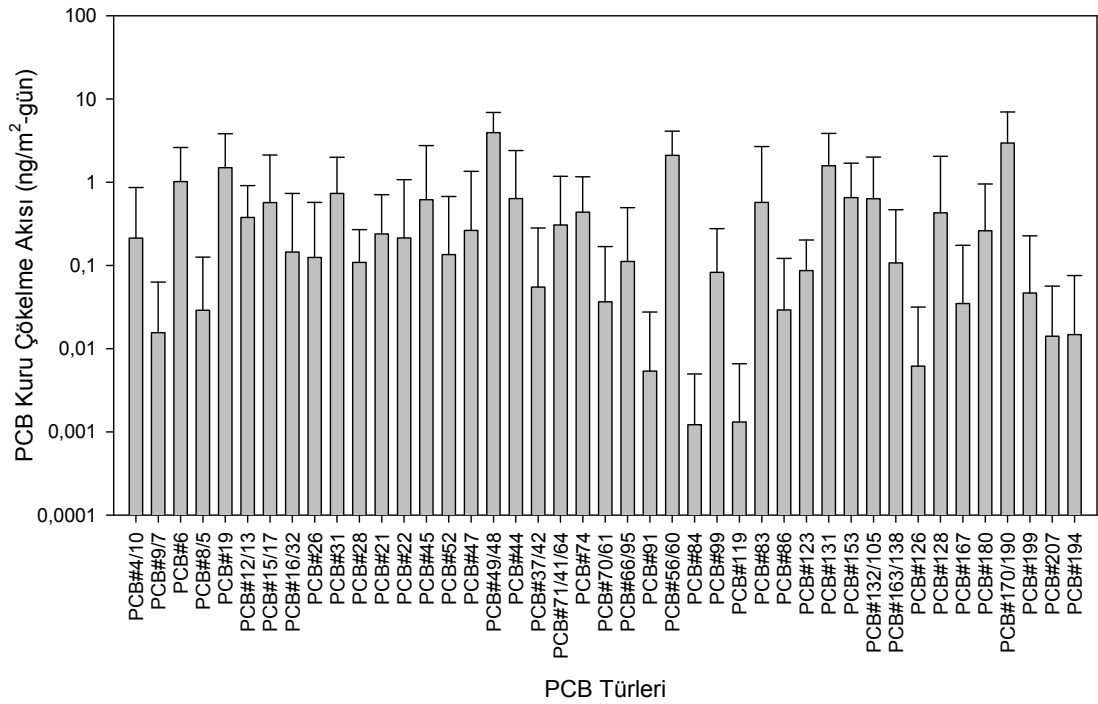


Şekil 4.47 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akılarının Örneklenme Periyotlarına Göre Değişimi

Şekil 4.47’de kuru çökme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Akı değişimleri arasında belirli bir değişim eğilimi bulunamamış; ancak yaz aylarında kuru çökme akısının genel olarak daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Bu gözlem, akı değişimleri ile sıcaklık değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmesiyle ($r^2=0,354$, $p<0,05$) desteklenmiştir. Bu sonuç, yüksek sıcaklık değerlerinin örnekleyicideki PCB’leri buharlaştırabileceğini göstermiştir. Ayrıca bu duruma örnekleyici yüzey sıcaklığının hava sıcaklığına bağlı olarak artması ile kuru çökme haznesinde toplanan PCB’lerin buharlaşmasının da etkisinin olacağı göz ardı edilmemelidir. Rüzgar hızı ile kuru çökme arasında ise önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$) ancak bağıl nem ile kuru çökme arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemli ve –beklenenin aksine- negatif yönlü olduğu bulunmuştur ($r^2=0,374$ ve $p<0,05$). Kuru çökme örneklerinin dönemsel olarak alınmış olması

dolayısıyla yağış öncesindeki ve sonrasındaki akı değerleri bilinmemektedir. Ancak yağışlardan hemen sonraki nem değerleri yüksek olmasına rağmen havadaki kirliliklerin yağışlarla nispeten temizlenmiş olması yüksek nem değerlerinde oluşan düşük kuru çökeltme akılarının dönemsel akı değerlerine dahil olması ortalama akıların düşmesine sebep olduğu düşünülmektedir.

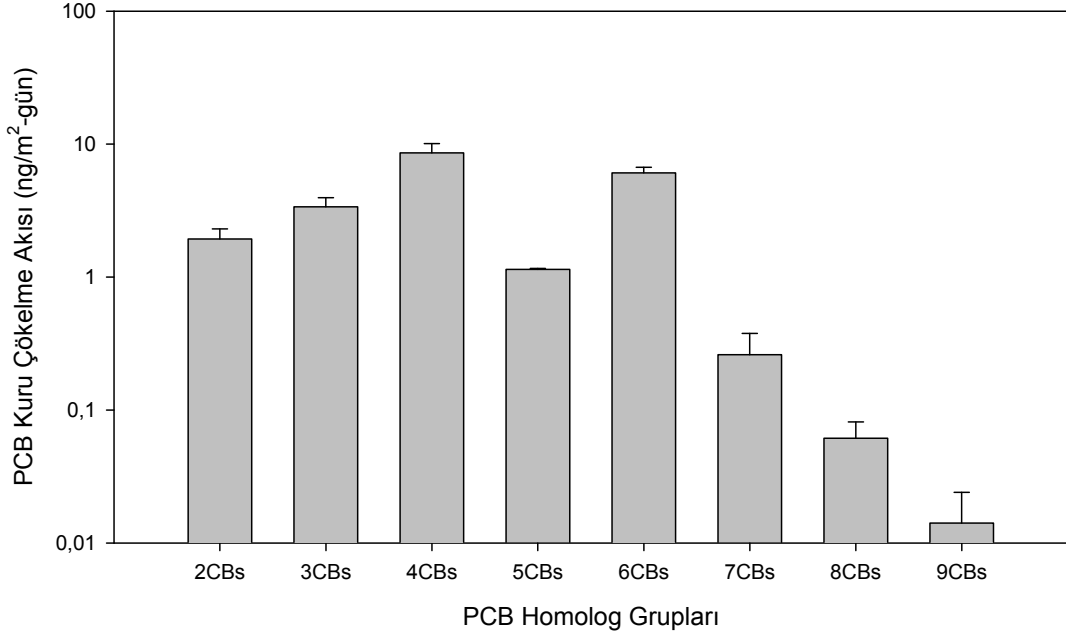
Dönemsel kuru çökeltme akısı ile bu dönemlerde alınan hava örnekleri ile elde edilen ortalama partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Sıcaklığın etkisi ile kuru çökeltme haznesindeki partiküllerin buharlaşarak örnekleyiciden uzaklaşmış olmasının akılar ile konsantrasyonlar arasındaki muhtemel bir ilişkiyi engellemiş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.48 Mudanya Bölgesine ait Kuru Çökeltme Akılarının PCB Türlerine Göre Değişimi

Şekil 4.48’de PCB türlerine ait yıllık ortalama kuru çökeltme akılarının genel olarak düşük moleküler ağırlıklı türlerde yüksek olduğu görülmektedir. Bölgede 59 PCB türü belirlenmiş olup diğer 23 tür için akı değeri tespit edilememiştir. Örnekleme döneminde en yüksek yıllık ortalama akı değeri BUTAL Bölgesi’nde olduğu gibi PCB# 48/49 türlerine (3,95 ng/m²-gün) ait olup hız değeri daha büyüktür. Aynı türe ait değerler

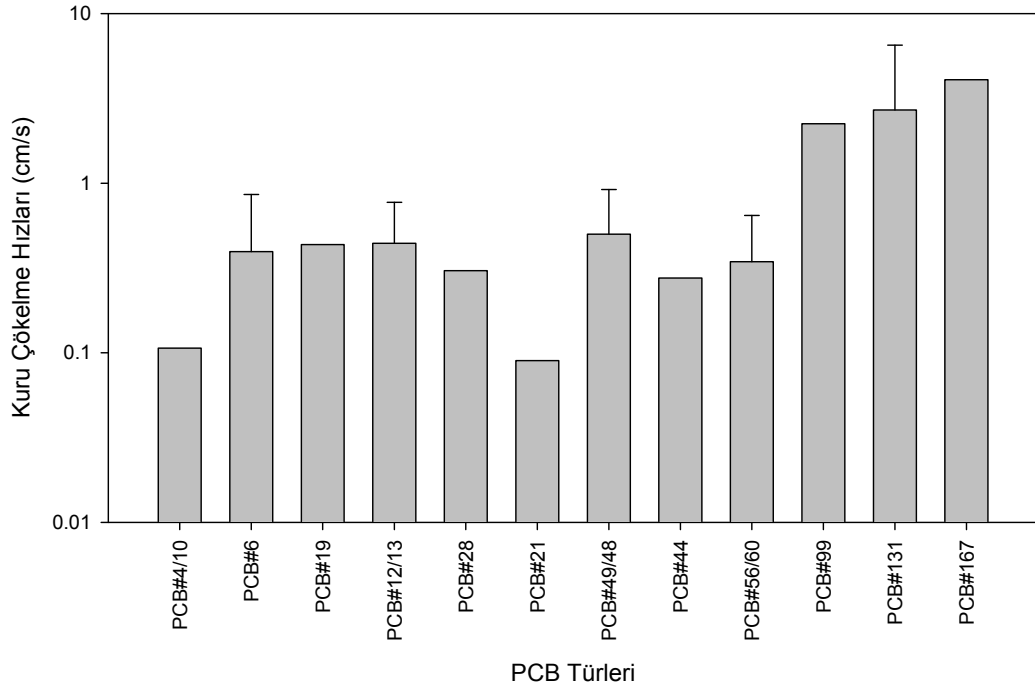
arasındaki bu fark, örnekleme bölgesinin meteorolojik ve partikül boyut farklılığından ileri geldiği düşünülmüştür. En düşük yıllık ortalama akı değeri ise PCB# 84 türünde ($0,001 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) görülmüştür.



Şekil 4.49 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Türlerin homolog gruplarına göre dağılımı (Şekil 4.49) türler için akı değerlerine göre türlerin akı değerleri halinde daha belirgin sonuçlar vermektedir. Buna göre 3-, 4-, ve 6- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu ve 2-4 klorlularda artış, 6-9 homolog gruplarda ise azalma gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek akı değerleri % 40'lik oran ile 4- klorlu türlere ait olup dağılımları $4CB > 6CB > 3CB > 2CB > 5CB > 7CB > 8CB > 9CB$ şeklindedir. Büyük moleküler ağırlıklı türlerin kuru çökeltme akı değerlerinin düşük olduğu görünmesine rağmen atmosferdeki homolog dağılımlar göz önünde bulundurulduğunda bu türlerin daha fazla çöktüğü aşıkardır.

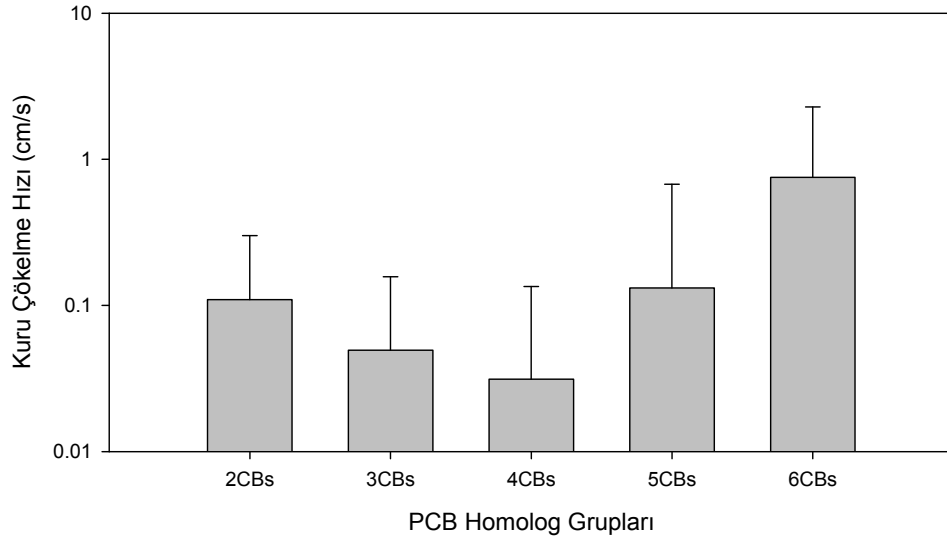
Kuru çökeltme akıları ile partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında önemli bir istatistiksel ilişki bulunmuştur ($r^2=0,8$, $p<0,05$). Bu ilişki hem konsantrasyonlar ve kuru çökeltme akılarının benzer homolog grup dağılımları olduğunu hem de örnekleyicilerin aynı tür PCB'leri toplayabileceğini göstermiştir.



Şekil 4.50 Mudanya Bölgesine ait Kuru Çökme Hızlarının PCB Türlerine Göre Değişimi

Denklem 4.2'ye göre hesaplanan \sum PCB kuru çökme hızları bu bölgede $0,83 \pm 1$ cm/s seviyesindedir. Kuru çökme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede 13 PCB türü için hesaplanan değerler Şekil 4.50'de verilmektedir. En yüksek yıllık ortalama kuru çökme hızı PCB# 167 için elde edilmiş olup değeri 4,1 cm/s'dir. En düşük yıllık ortalama kuru çökme hızı ise PCB# 21 türünde (0,05 cm/s) bulunmuştur. Çökme hızlarının türlere göre değerleri farklılık göstermiş olmasına rağmen moleküler ağırlığı fazla olan türlerin genel olarak daha yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu durum, PCB türlerinin moleküler ağırlıkları arttıkça partiküllere tutulma eğilimlerinin artmasıyla dolayısıyla daha yüksek kuru çökme hızlarına sahip olmasına neden olmasıyla açıklanabilir.

Şekil 4.51'de kuru çökme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. 5 ve 6 klorlu türlerin kuru çökme hızlarının daha yüksek olduğu burada daha net olarak görülmektedir. BUTAL Bölgesi'nde 7-, 8- ve 9- klorlu türler için de kuru çökme hızlarının tespit edilmesi o bölgede hem konsantrasyon örneklerinde hem de akı örneklerinde daha çok türün bulunmasından ileri gelmiştir. Bölgesel farklılıklar türlerin ve bulunma miktarlarının farklı olmasına neden olmuştur.



Şekil 4.51 Mudanya Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

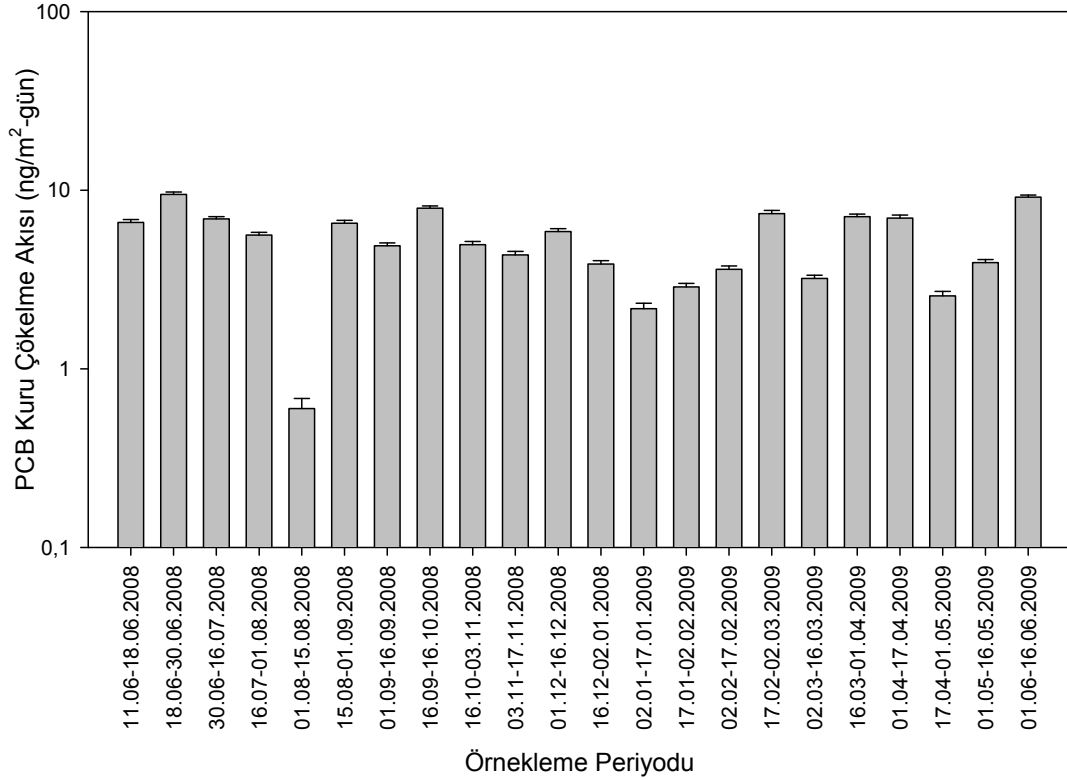
Kuru çökme hızlarının meteorolojik parametrelerle olan muhtemel ilişkilerini araştırmak için korelasyon analizi yapılmıştır. Sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri ile ilişki bulunamamış olup tür sayısının azlığı muhtemel ilişkilerin belirlenebilirliğini kısıtladığı düşünülmüştür.

4.3.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi

Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında yarı-kırsal bir alan olan Yavuz Selim bölgesinden İKÇÖ ile 22 adet kuru çökme örneği alınmıştır. Alınan örnekler için belirlenen örnekleme süreleri 14.460 ile 29.520 dak. arasında değişim göstermiştir. Bu bölgede 79 PCB türüne rastlanmış olup ortalama kuru çökme akısı $5,5 \pm 2,5$ ng/m²-gün olarak belirlenmiştir. Bu bölgede diğer 3 bölgeden daha düşük kuru çökme akılarının tespit edilmiş olması bölgenin ana caddelerden, ormanlık alanlardan uzak olması ile açıklanabilir.

Şekil 4.52’de kuru çökme örneklerine ait akı değerlerinin dönemsel değişimi verilmiştir. Akı değişimleri arasında belirli bir değişim eğilimi bulunamamış; genel olarak benzer değerler aldığı görülmüştür. Bu gözlem, akı değişimleri ile sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri arasında önemli bir ilişki bulunamamış olmasıyla desteklenmiştir ($p > 0,05$). Partikül kaynaklarının örnekleme bölgesine yakın olması

dolayısıyla kirliliklerin partiküllere tutunacak yeterli zaman bulamaması bu bölgede meteorolojik veriler ile akı değerleri arasında ilişki bulunamamasına neden olduğu düşünülmektedir.

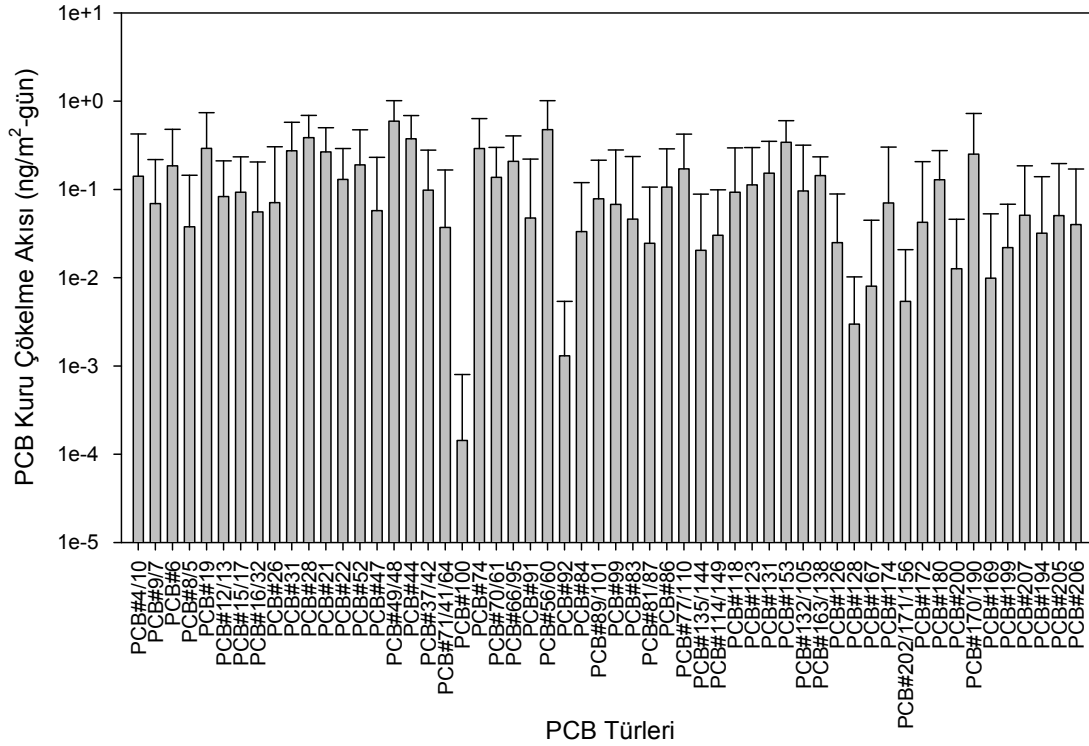


Şekil 4.52 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Akılarının Örneklem Periyotlarına Göre Değişimi

Dönemsel kuru çökme akısı ile bu dönemlere ait partikül faz PCB konsantrasyonları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$). PCB türlerinin sahip olduğu farklı çökme eğilimlerinin bu ilişkiyi gölgelediği düşünülmektedir.

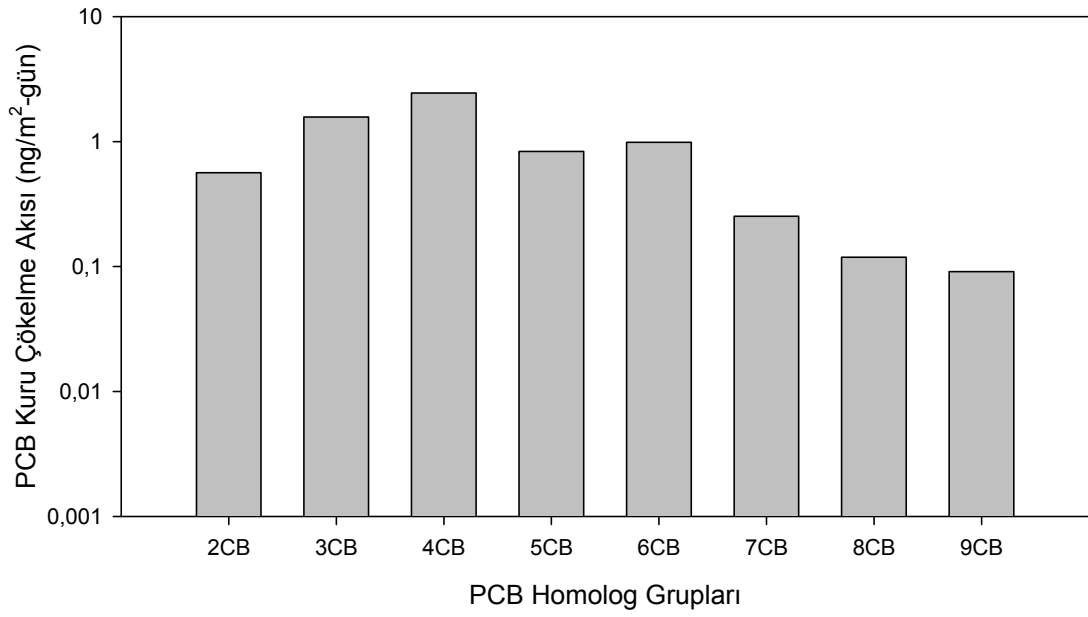
Şekil 4.53’de PCB türlerine ait yıllık ortalama kuru çökme akılarının genel olarak birbirlerine benzer oldukları görülmektedir. Bölgede 79 PCB türü belirlenmiş olup diğer 3 tür (PCB# 45, 53 ve 119) için akı değeri tespit edilememiştir. Örneklem döneminde en yüksek ortalama akı değeri PCB# 48/49 türlerine ($0,6 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$), en düşük ise PCB#100 türüne ($0,0001 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) aittir.

Türlerin homolog gruplarına göre dağılımı (Şekil 4.54) verilmiştir. Buna göre 3-, 4- ve 6- klorlu türlerin baskın akı değerlerine sahip olduğu ve gruplar arasında değerlerin dağınık bir değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek akı değerleri % 36'lık oran ile 4- klorlu türlere ait olup dağılımları 4CB>3CB>6CB>5CB>2CB>7CB>8CB>9CB şeklindedir.

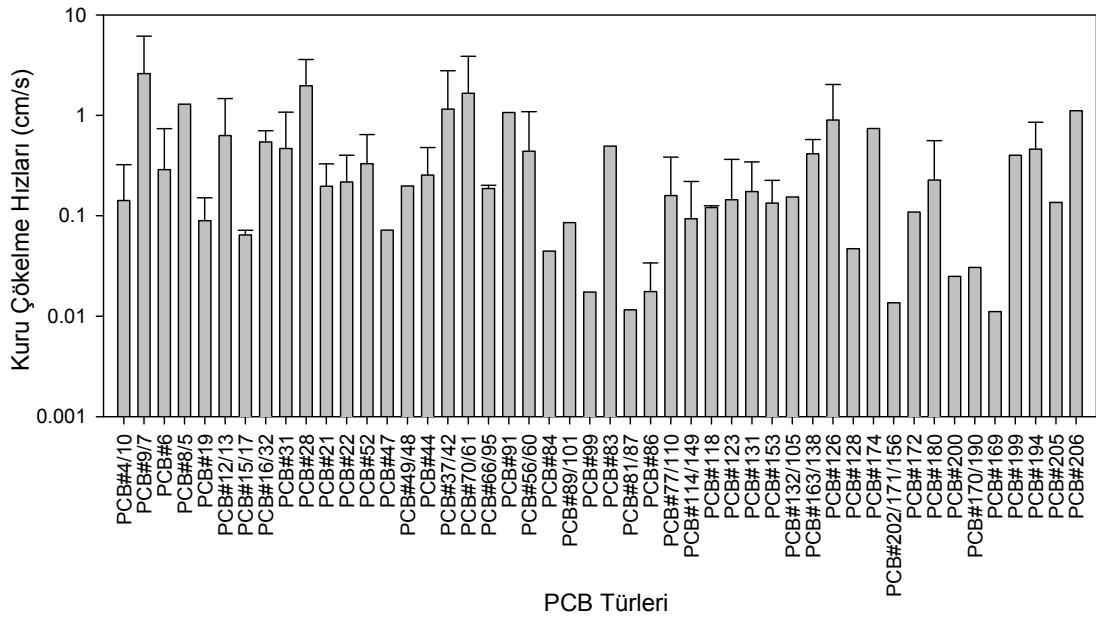


Şekil 4.53 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Türlere Göre Değişimi

Kuru çökeltme akılarının ve partikül faz PCB konsantrasyonlarının homolog dağılımları arasındaki korelasyon araştırılmış ve aralarında kuvvetli bir istatistiksel ilişki bulunmuştur ($r^2=0,66$, $p<0,05$). Bu ilişki, havada belirlenen partikül faz PCB türleri ile IKÇÖ ile toplanan kuru çökeltme örneklerindeki PCB türlerinin benzer olduğunu göstermektedir.



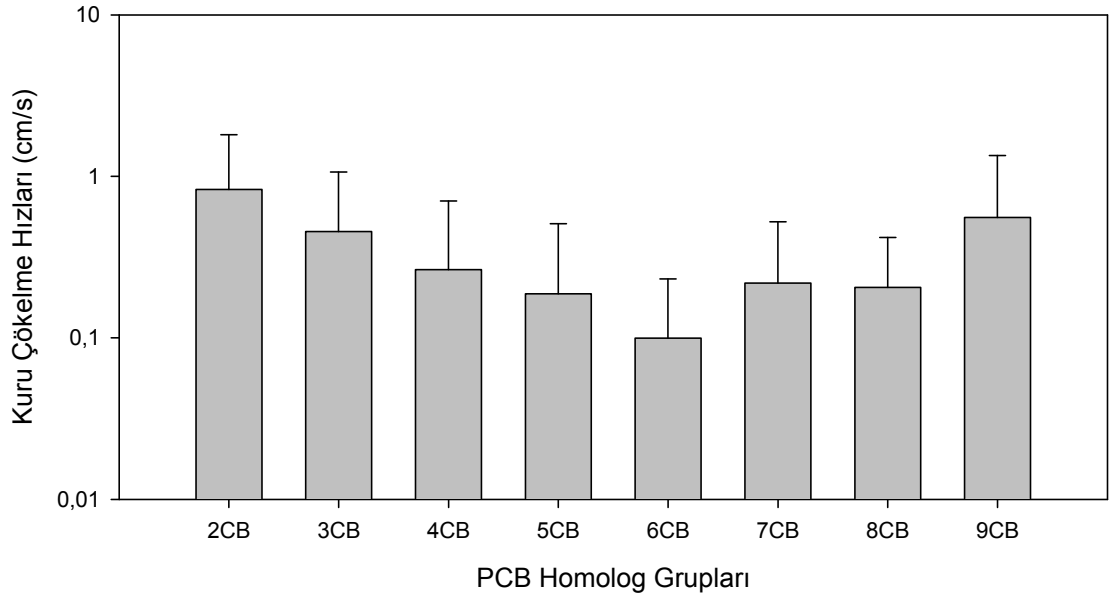
Şekil 4.54 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara Göre Değişimi



Şekil 4.55 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökeltme Hızlarının Türlere Göre Değişimi

Kuru çökeltme hızları bu bölgede $0,40 \pm 0,30$ cm/s seviyesindedir. Yıllık ortalama kuru çökeltme hızları türlere göre değişim göstermekte olup bu bölgede 79 PCB türü için hesaplanan değerler Şekil 4.55’de verilmektedir. En yüksek ortalama kuru çökeltme hızı PCB# 7/9 türleri için elde edilmiş olup değeri 2,60 cm/s’dir. En düşük ortalama kuru

çökme hızı ise PCB# 169 türünde (0,01 cm/s) bulunmuştur. Çökme hızlarının türlere göre değerleri farklılık göstermiş olmasına rağmen moleküler ağırlıklarına göre değişimleri hakkında bu grafik ile net bir bilgi edinilememektedir.



Şekil 4.56 Yavuz Selim Bölgesine ait PCB Kuru Çökme Hızlarının Homolog Gruplara Göre Değişimi

Şekil 4.56’da kuru çökme hızlarının homolog gruplara göre değişimi verilmiştir. 2 ve 3 klorlu türlerin kuru çökme hızlarının daha yüksek olduğu burada daha net olarak görülmektedir. Bu bölgede, diğer bölgelerde belirlenen homolog dağılımlardan farklı bir durum görülmüştür. Düşük molekül ağırlıklı türlerin yanı sıra yüksek molekül ağırlıklı türlerin de kuru çökme hızları yüksek çıkmıştır. Bu durum, bölgede genel olarak büyük partiküllerin bulunduğunu göstermektedir.

Kuru çökme hızlarının meteorolojik parametrelerle olan muhtemel ilişkilerini araştırmak için korelasyon analizi yapılmıştır. Sıcaklık, rüzgar hızı ve nem değerleri ile arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$).

4.3.5. IKÇÖ ile belirlenen kuru çökme akıların ortak değerlendirilmesi

Dört bölgeden alınan örneklerde 82 PCB türü araştırılmış olup belirlenen tür sayısı en az olan bölge Mudanya’dır. Bunun sebebi bu bölgenin kıyı kenti olması dolayısıyla

örnekleyicide toplanan PCB'lerin buharlaşmasının daha baskın olmasıdır. Bölgesel özellikler tür sayısında olduğu gibi akı değerlerinin de farklı olmasına neden olmuştur. En yüksek kuru çökme akı değerlerinin Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bu bölgenin hem ormanlık alana yakın olması hem de kentsel alana yakın olması akı değerlerinin diğer 3 bölgeden yüksek olmasına neden olmuştur. Akı değerlerinin yüksek olduğu ikinci bölge Mudanya'dır. Kıyısı olduğu Marmara Denizi'nin hem iç deniz olması hem de endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu kentlere kıyısının olması dolayısıyla kirlenmiş olduğu ve buharlaşma yoluyla konsantrasyon ve akı değerlerini arttırmıştır. Çizelge 2.3'te verilen literatür kuru çökme değerlerine bakıldığında bu çalışma ile literatür değerlerinin birbirlerinden çok da farklı olmadığı görülmektedir.

Meteorolojik verilerin akı değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde Mudanya için sıcaklık ve nem değişimlerinin BUTAL'de ise rüzgar hızının etkili olduğu belirlenmiştir. Kıyı kenti olması Mudanya bölgesinde sıcaklığın ve nemin etkili olmasına neden olmuştur. BUTAL'de ise örnekleyicilerin trafik ve metro istasyonunun hareketlerinden dolayı rüzgar hızı ile akı değerlerinin değişiminde önemli derecede etkilenmesine neden olmuştur.

Dört bölgede bulunan türlerin akı değerleri karşılaştırıldığında 3 bölgede en yüksek değerlerin PCB 48 ve 49 türlerine ait olduğu ve iki bölgede de en düşük değerlerin PCB 100 türüne ait olduğu görülmüştür. Bu durum dört bölgede de benzer türlerin en düşük ve en yüksek değerleri aldığını göstermiştir. Zira dört bölgede de 4- klorlu türlerin kuru çökme akıları yüksek bulunmuştur. Dört klorlulardan sonra 3 ve 6 klorlu türler yer almıştır. Bölgelerde elde edilen kuru çökme akı değerleri ile konsantrasyon değerlerinin homolog dağılımları arasındaki korelasyonlar önemli olarak bulunmuş ve konsantrasyon ve akı örneklerinde bulunan türlerin benzer bulunduğu belirlenmiştir.

BUTAL bölgesinde trafikselsel hareketlere bağlı olarak daha yüksek kuru çökme hız değerleri elde edilmiştir. Trafığın meydana getirdiği akım ile kaba partiküllerin bile harekete geçebiliyor olması bu bölgedeki kuru çökme hızlarının daha yüksek olmasının sebebidir. Bölgelerde elde edilen kuru çökme hızlarının homolog

dağılımları akı değerlerini homolog dağılımlarının aksine birbirlerinden farklıdır. Bunun sebebi kuru çökme hızları hesaplanırken kullanılan konsantrasyon örneklerinde, akı örneklerindeki her bir tür için konsantrasyon değerinin bulunmaması ve daha az tür için kuru çökme hızlarının belirlenmiş olmasından ileri gelmiştir.

4.4. IKÇÖ ile Belirlenen Islak Çökme Akıları

Örnekleme süresince yağışlı zamanlarda atmosfere açık hale gelen ıslak çökme haznesi ile ıslak çökme örnekleri alınmıştır. Islak çökme akı değerlerinin (F) belirlenmesinde belli bir alana (A) belirli bir zaman aralığında (t) çöken partiküllerin miktarının doğrudan ölçülerek tespiti gerçekleştirilmiştir (Denklem 4.1). IKÇÖ kuru çökme haznesinin yüzey alanı 0,16 m²'dir. Örnekleme süreleri ise yaklaşık 15 gün olup net süreler her bir örnek için örnekleyici üzerindeki saat ile belirlenmiştir.

PCB'lerin yağmur konsantrasyonları (C_{yağmur}) ise örneklerin analizi sonucunda elde edilen kütle değerlerinin (m) örnekleme süresinde elde edilen yağmur hacmine (∇) oranı ile hesaplanmaktadır (Denklem 4.3). PCB'lerin yıkanma oranları (W) da hesaplanan yağmur konsantrasyonları (C_{yağmur}) kullanılarak atmosferik konsantrasyon (C_{hava}) değerlerine bölünmesi ile hesaplanmıştır (Denklem 4.4).

$$C_{yagmur,part} = \frac{m_{part}}{\nabla_{yagmur}} \text{ ve } C_{yagmur,cozunmus} = \frac{m_{gaz}}{\nabla_{yagmur}} \quad (4.3)$$

$$W_{part} = \frac{C_{yagmur,part}}{C_{hava,part}} \text{ ve } W_{gaz} = \frac{C_{yagmur,cozunmus}}{C_{hava,gaz}} \quad (4.4)$$

4.4.1. BUTAL örnekleme bölgesi

BUTAL bölgesinden örnekleme dönemi boyunca (Haziran 2008 – Haziran 2009) 15 adet ıslak çökme örneği alınmıştır. Islak çökme örneklerinde partikül ve çözünmüş fazlar IKÇÖ ile ayrı olarak toplanmıştır. Islak çökme akıları, IKÇÖ' deki saat ile elde edilen net yağış süreleri göz önünde bulundurularak Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

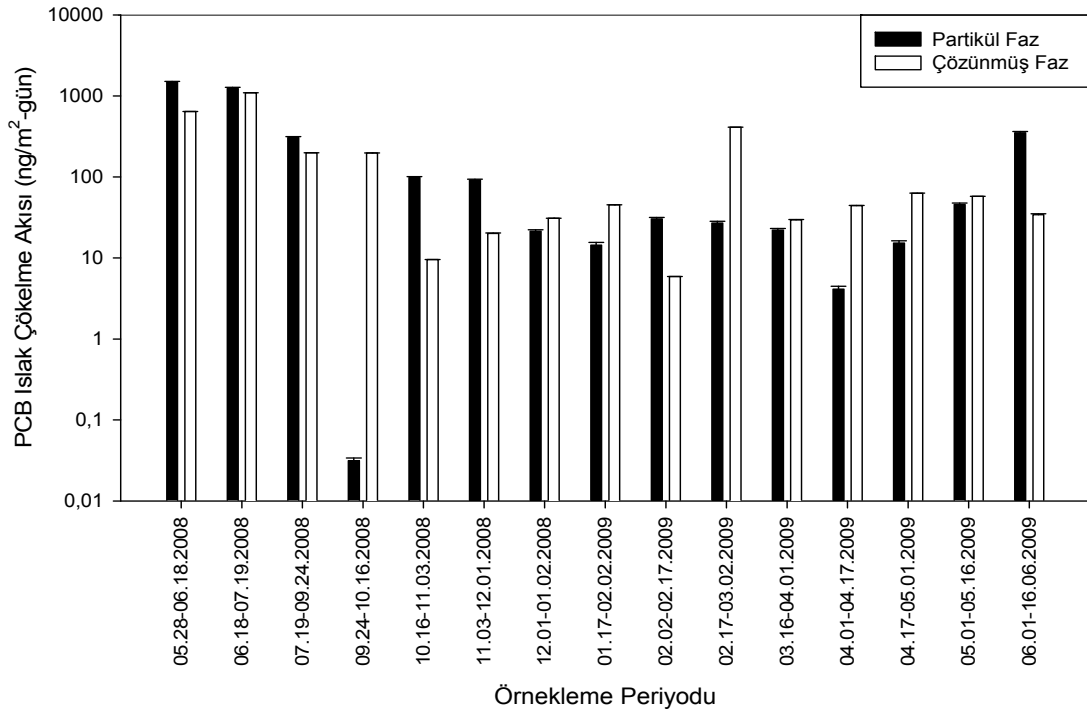
Islak çökeltme akıları çözünmüş ve partikül fazlar için sırasıyla 480 ± 1.185 ng/m²-gün, 475 ± 1.000 ng/m²-gün değerlerini almıştır. Bu değerler, literatür çalışmalarında olduğu gibi net yağış süreleri yerine dönemsel örnekleme süreleri kullanılarak hesaplandığında çözünmüş ve partikül fazlar için sırasıyla 30 ± 50 ng/m²-gün, 20 ± 12 ng/m²-gün değerlerini almaktadır.

Şekil 4.57'de çözünmüş ve partikül faz ıslak çökeltme akı değerlerinin dönemsel değişimleri verilmiştir. Buna göre kış aylarında daha düşük akı değerleri bulunmuştur bu duruma, sıcaklığın, dolayısıyla da yüzeysel sulardan, karalardan ve PCB ile kirlenmiş bölgelerden buharlaşmanın, daha düşük olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber ıslak çökeltme akılarının meteorolojik verilerle korelasyonuna bakıldığında çözünmüş faz için korelasyon bulunamazken ($p > 0,05$) partikül faz için sıcaklık ($r^2 = 0,29$, $p < 0,05$) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmuştur.

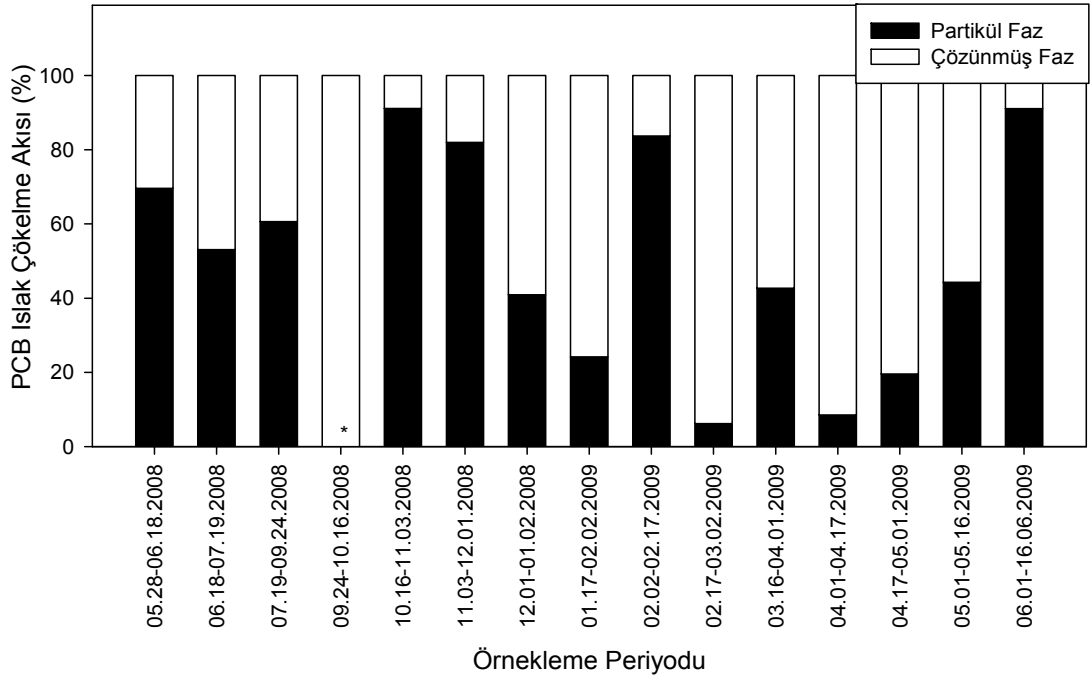
Dönemsel akı değerlerindeki çözünmüş ve partikül faz akı değerlerinin yüzde dağılımına (Şekil 4.58) bakıldığında bu oranların değişiminde bir uyum görülememiştir. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak atmosferdeki partikül yükü kaba partiküllerden oluşmaktadır. Yaz aylarında, kuru çökeltme ile yeryüzüne inen partikül kütlelerinin artması ve kış aylarında yağışlar dolayısıyla trafikten kaynaklanan partikül kütlelerinin azalması beklenir. Bu dengelenme dolayısıyla partikül faz ıslak çökeltme akılarının mevsimsel olarak değişim göstermemiş olması olağan bir durumdur.

PCB türlerinin yıllık ölçümler sonucunda elde edilen yıllık ortalama ıslak çökeltme akı değerleri Şekil 4.59'da verilmiştir. Çözünmüş fazda 75 (PCB# 53, 135, 144, 167, 200, 206, 207 hariç), partikül fazda ise 76 (PCB# 119, 126, 156, 171, 194, 202 hariç) PCB türüne rastlanmıştır. Partikül fazda bulunamayan türler nispeten yüksek moleküler ağırlıklı türler olup bu türlerin moleküler ağırlıklarına bağlı olarak daha çok kuru çökeltme ile atmosferi terk ettikleri söylenebilir. Partikül fazda en düşük ortalama çökeltme akısı PCB# 53 türüne ($3,67 \times 10^{-6}$ ng/m²-gün) ve en yüksek PCB# 19 türüne ($24,5$ ng/m²-gün) aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük değer PCB# 119 türüne ($0,0228$ ng/m²-gün) ve en yüksek değer partikül fazda olduğu gibi PCB# 19 türüne ($17,75$

ng/m²-gün) aittir. Aynı türün her iki fazda da en yüksek değere sahip olması atmosferdeki bulunma seviyeleri ile birlikte PCB türlerinin hem partikül hem de çözülmüş fazda çökme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Ayrıca en yüksek ıslak çökme akısına sahip olan türün düşük moleküler ağırlıklı bir tür olması, yüksek moleküler ağırlıklı türlerin düşük moleküler ağırlıklılara oranla daha çok partikül fazda bulunma eğilimlerinin olduğunu, dolayısıyla da kuru çökme yolu ile atmosferden uzaklaştığını ispatlar niteliktedir.

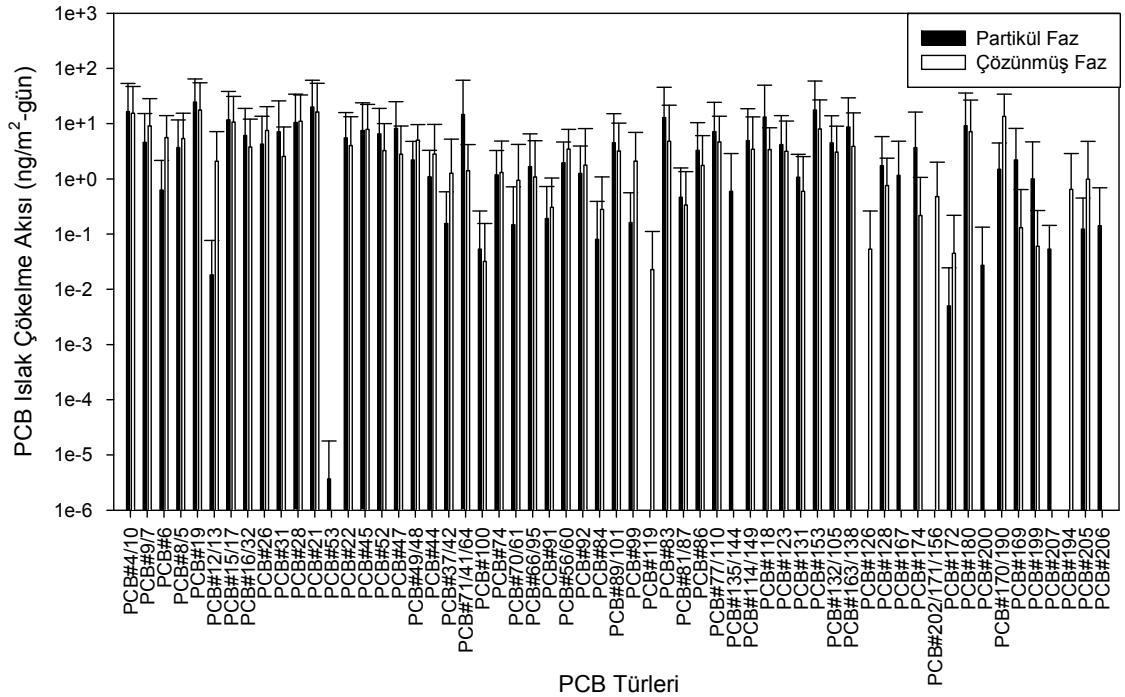


Şekil 4.57 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökme Akılarının Örneklem Periyotlarına Göre Değişimi

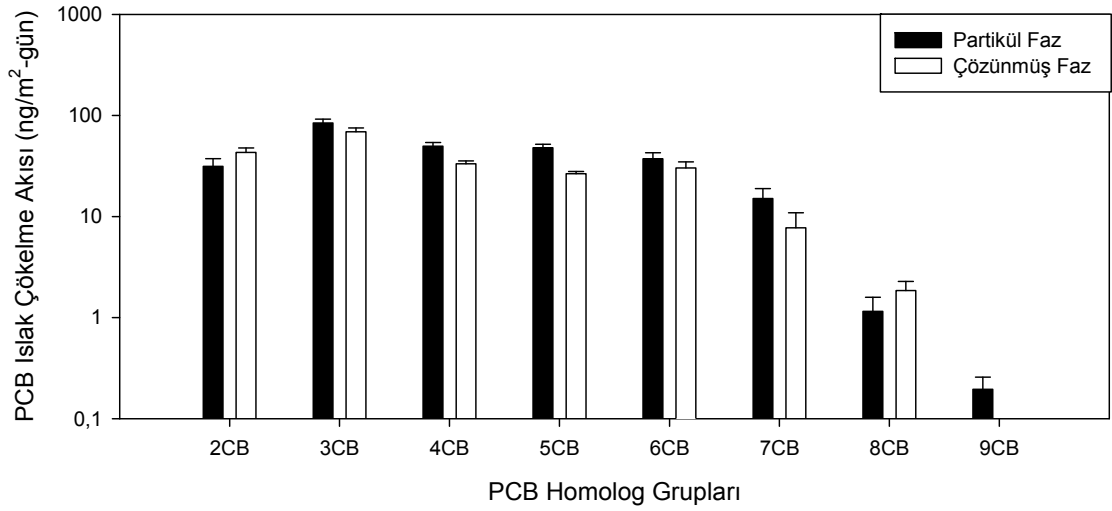


*: 09.24-10.16.2008 tarihli örnekte partikül faz yüzdesi 0,015 olduğu için grafikte gözükmemektedir.

Şekil 4.58 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Yüzde Partikül/Gaz Faz Dağılımı

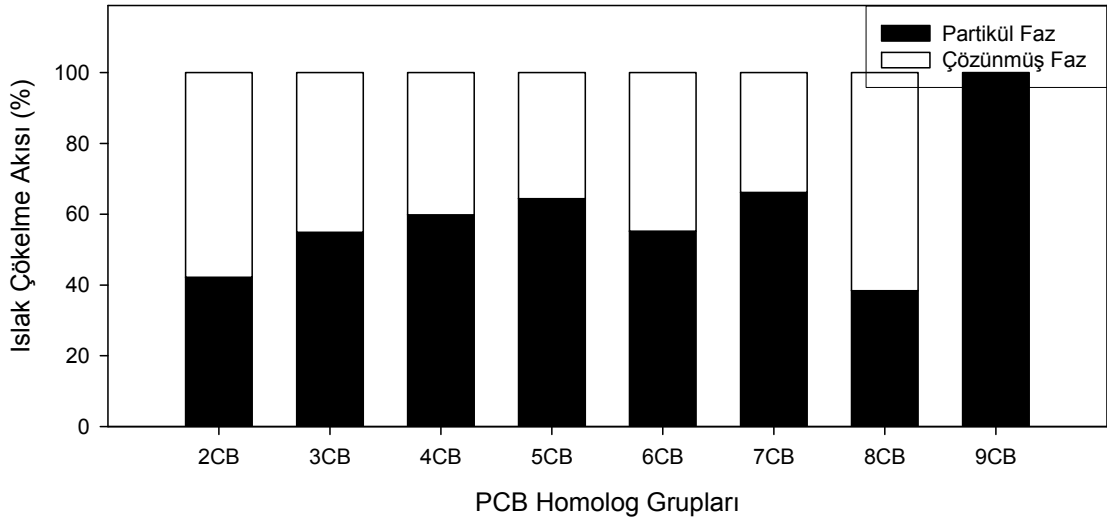


Şekil 4.59 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.60 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

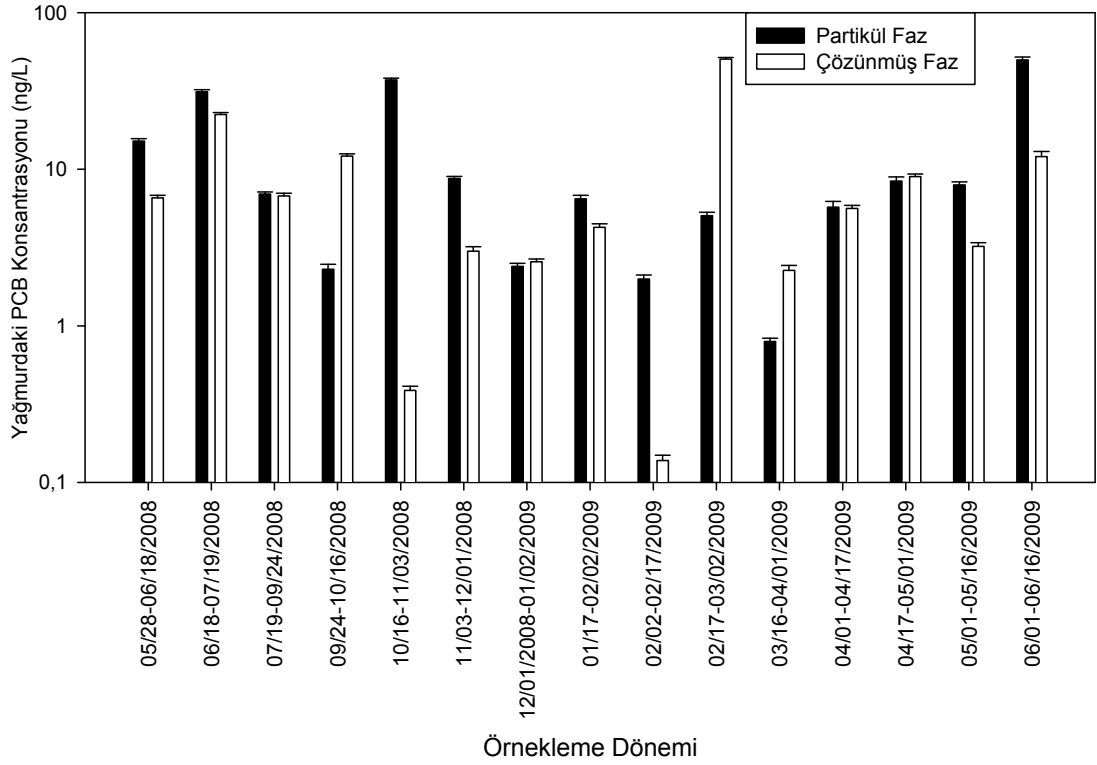
Islak çökeltme akılarının partikül faz ve çözünmüş fazlar için homolog gruplara göre dağılımı Şekil 4.60'da verilmiştir. Buna göre partikül fazda 3 klorlular baskın olup bunu sırasıyla 4-, 5-, 2-, 6-, 7-, 8- ve 9- klorlular izlemiştir ve bu dağılımda, 2- ve 3- klorlular haricinde, partikül faz PCB'lerin moleküler ağırlıkları arttıkça ıslak çökeltme ile çökeltme eğiliminin azaldığı görülmüştür. Çözünmüş fazda da 3 klorlular baskınken bunu 2-, 4-, 6-, 5-, 7-, 8- ve 9- klorlu türler izlemiştir. Moleküler ağırlığı yüksek homolog grupların (homolog grup; 7-, 8-, 9-) partikül fazda bulunma dolayısıyla kuru çökeltme ile atmosferden uzaklaşma eğilimleri bu gruptaki türlerin ıslak çökeltme akılarının azalmasına neden olmaktadır. Şekil 4.61'de de görüldüğü üzere 2-, 3-, 4-, 5- klorlu türlerde moleküler ağırlığı arttıkça partikül fazda bulunma eğiliminin de artış göstermiş olması bu yargıyı desteklemektedir. Ancak yüksek moleküler ağırlıklı türlerin suda çözünürlükleri ve buhar basınçlarını düşük olması ve meteorolojik verilerin de etkisiyle çökeltme mekanizmalarının farklılaşmasına yol açmıştır. Bu durum 6-, 7-, 8-, 9- klorlu türlerin çözünmüş ve partikül fazda bulunma oranlarını etkilemiş ve düşük klorlularda gözlenen değişim eğiliminden farklı oranların bulunmasına neden olmuştur.



Şekil 4.61 BUTAL Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

PCB kütlelerinin, örneklere ait yağmur konsantrasyonlarına oranı yağmurdaki PCB konsantrasyon değerlerini vermektedir (Denklem 4.3). Bu çalışmada, yağmurdaki PCB konsantrasyonlarının partikül faz için 13 ± 14 ng/L, çözülmüş faz için 10 ± 13 ng/L seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Dönemsel yağmur konsantrasyonları arasında belirli bir değişim görülemediği (Şekil 4.62). Çözülmüş faz ıslak çökeltme akılarında olduğu gibi yağmur konsantrasyonları ile meteorolojik veriler arasında bir ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$) Partikül faz için ise sadece sıcaklık ile korelasyon bulunmuştur ($r^2 = 0,34$, $p < 0,05$). Sıcaklık değerlerinin örnekleme döneminde (yağışlı ve yağışsız, gece ve gündüz) görülen sıcaklıkların ortalama değeri olması dolayısıyla ıslak çökeltme akılarının ve yağmur konsantrasyonlarının sıcaklıkla olan gerçek ilişki tespit edilememektedir.

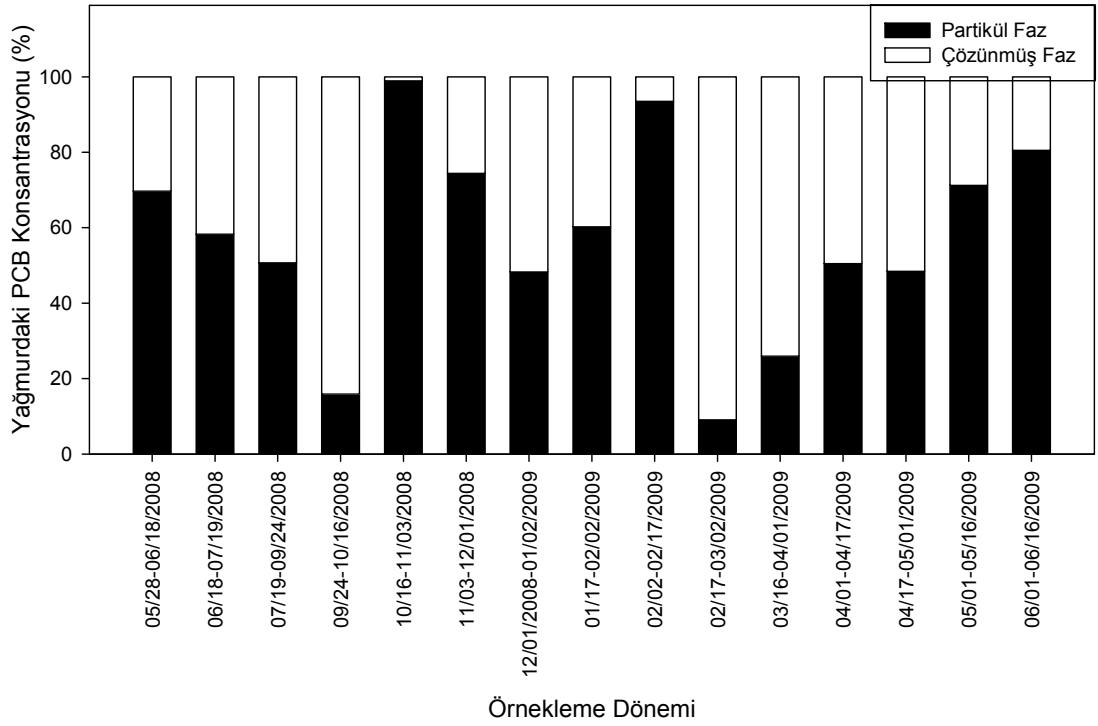
Örnekleme dönemlerinde belirlenen partikül/çözülmüş faz dağılımlarının yüzde değişimleri Şekil 4.63’de verilmiştir. Bu örneklerde partikül faz konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarında yüksek, bahar aylarında ise daha düşük değerler aldığı ve gaz fazlar için ise bu durumun tersinin gerçekleştiği görülmektedir.



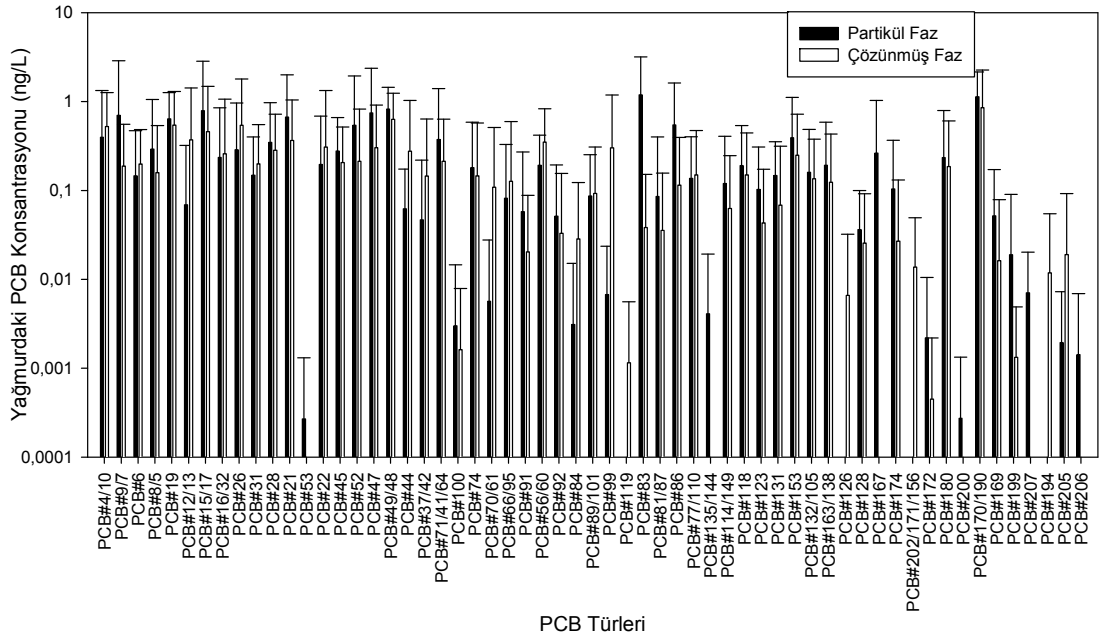
Şekil 4.62 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örneklenme Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Çözünmüş ve partikül faz yağmur konsantrasyon değerleri birbirlerinden farklı seviyelerdedir (Şekil 4.64) ve moleküler ağırlıklarına bağlı olarak bir eğilim gözlenememiştir. Partikül fazda en düşük yağmur konsantrasyonu PCB# 53 türüne (0,0002 ng/L) ve en yüksek PCB# 83 türüne (1,19 ng/L) aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük değer PCB# 172 türüne (0,00044 ng/L) ve en yüksek değer PCB# 170 ve 190 türlerine (0,85 ng/L) aittir.

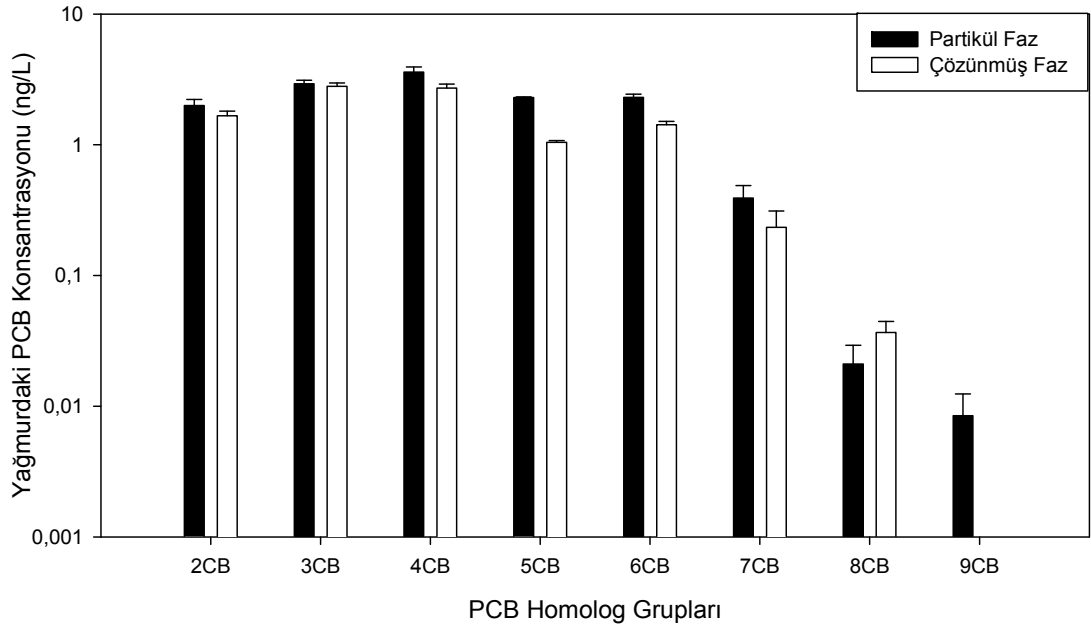
Yağmur konsantrasyonlarının homolog gruplara göre partikül ve çözünmüş faz dağılımları Şekil 4.65’de verilmiştir. Bu dağılımlar ıslak çökeltme akılarına benzerdir. Şekil 4.66’da ise homolog dağılımların yüzde değerleri verilmiş olup partikül faz oranlarının molekül ağırlıklarına bağlı olarak değişmediği görülmüştür.



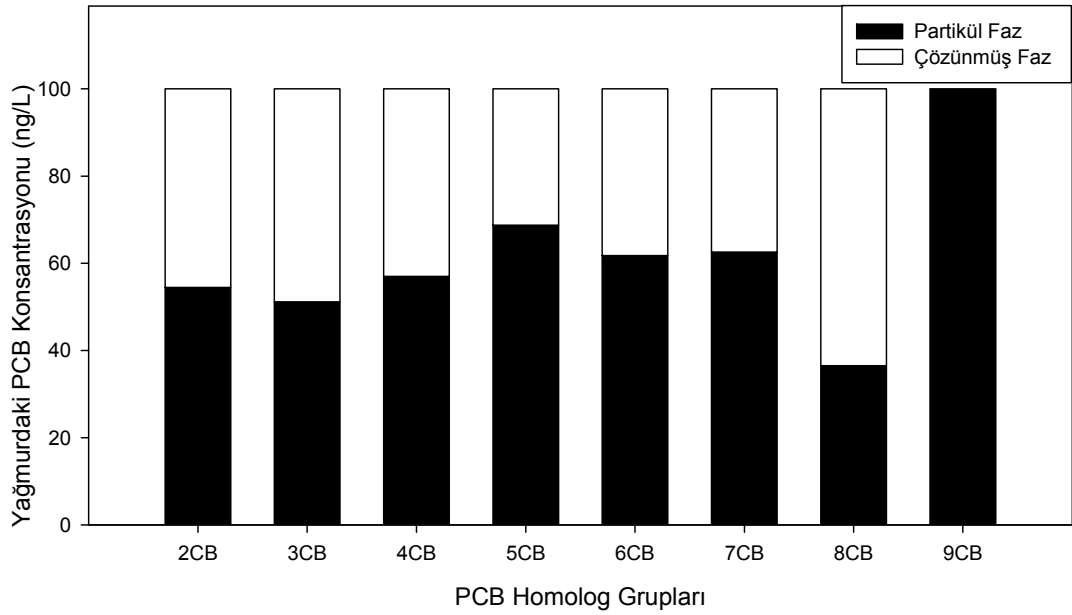
Şekil 4.63 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.64 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki Konsantrasyonlarının PCB Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.65 BUTAL Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



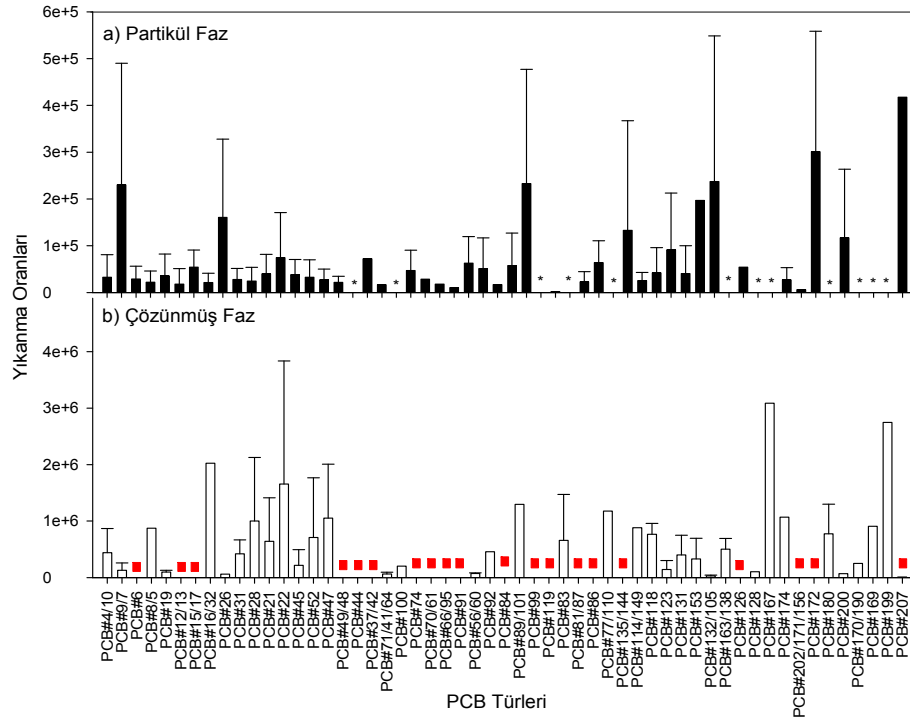
Şekil 4.66 BUTAL Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının PCB Homolog Gruplarına Göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yağmur suyu yardımıyla havanın temizlenme ile ilgili olarak literatürde yıkanma oranı kavramı geliştirilmiştir. Bu oranın aldığı değerler PCB türleri için geniş aralıklara sahip olabilmektedir. Yağmur ve hava konsantrasyonlarının birbirine oranı ile bulunan yıkanma oranları (Denklem 4.4) her bir tür için belirlenmiş olup yıllık ortalama değerler

çözünmüş faz için 85.000 ± 93.000 ve partikül faz için 550.000 ± 785.000 seviyeleri arasında değişim göstermiştir.

Partikül fazda en yüksek yıkanma oranı PCB 167 türünde (3.100.000), en düşük yıkanma oranı ise PCB 207 türünde (10.900) görülmüştür. Çözünmüş fazda ise en yüksek yıkanma oranı PCB 194 türü için (417.000), en düşük yıkanma oranı ise PCB 44 türü için (622,00) olarak bulunmuştur (Şekil 4.67).

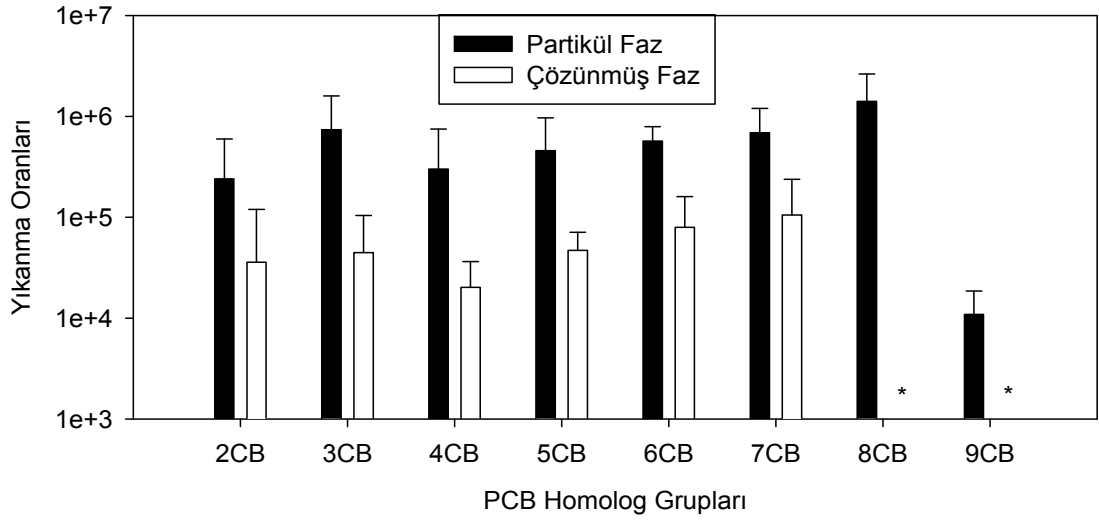
Yıkanma oranlarının homolog gruplara göre değişimine bakıldığında (Şekil 4.68) çözünmüş fazda 8 ve 9 klorlu türler için yıkanma oranlarının bulunamadığı (dış ortam hava konsantrasyonlarının bu türler için ilgili dönemde bulunamamış olması dolayısıyla) görülmüştür. Bununla beraber çözünmüş ve partikül faz yıkanma oranlarının genel olarak molekül ağırlıkları ile doğru orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bu durum kuru çökeltmede olduğu gibi ıslak çökeltme ile de partikül fazdaki ve yüksek moleküler ağırlığa sahip türlerin daha fazla çökeltme eğiliminde olduğunu göstermiştir.



■ : Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB türleri

*: Partikül fazda tespit edilemeyen PCB türleri

Şekil 4.67 BUTAL Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının PCB Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



*: Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB homolog grupları

Şekil 4.68 BUTAL Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının PCB Homolog Gruplarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

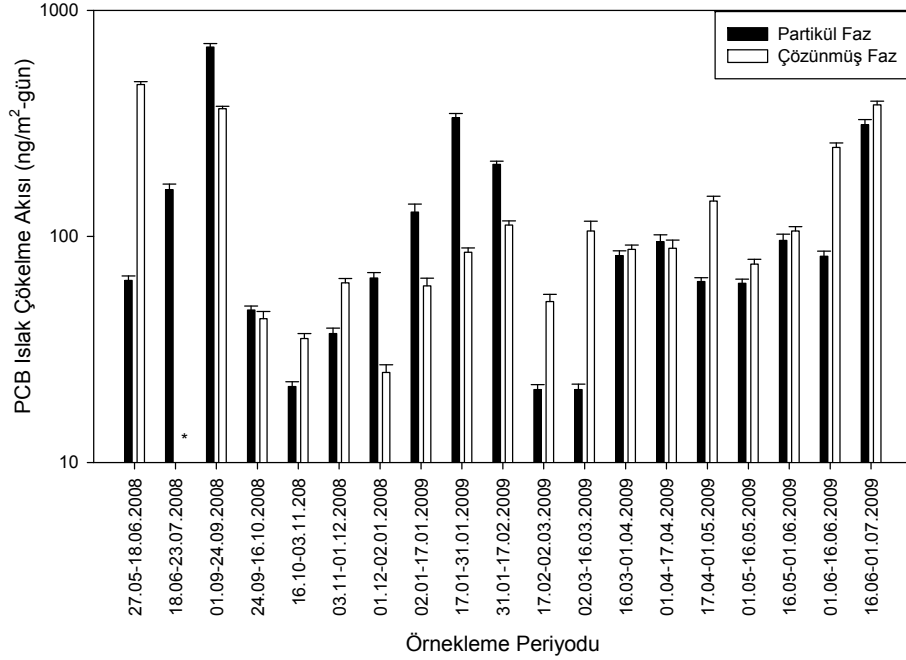
4.4.2. Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesi

Uludağ Üniversitesi bölgesinden örnekleme dönemi boyunca (Haziran 2008 – Haziran 2009) 19 adet ıslak çökeltme örneği alınmıştır. Bölgeye ait ıslak çökeltme akıları çözülmüş ve partikül fazlar için sırasıyla 141 ± 132 ng/m²-gün ve 136 ± 160 ng/m²-gün olarak bulunmuştur. Bu değerler, literatür çalışmalarında olduğu gibi net yağış süreleri yerine dönemsel örnekleme süreleri kullanılarak hesaplandığında çözülmüş ve partikül fazlar için sırasıyla $18,5 \pm 15$ ng/m²-gün, $18,8 \pm 27$ ng/m²-gün değerlerini almaktadır.

Şekil 4.69’da çözülmüş ve partikül faz ıslak çökeltme akı değerlerinin dönemsel değişimleri verilmiştir. Buna göre kış aylarında daha düşük akı değerleri bulunmuştur. Bu durum BUTAL ve Mudanya’da karşılaşılan durumla benzer olmakla birlikte atmosferik PCB konsantrasyonlarının kış aylarında daha düşük olmasının akı değerlerinin düşük olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Meteorolojik değerler ile ıslak çökeltme akılarının değişimi incelendiğinde yalnızca çözülmüş faz akılarının sıcaklıkla önemli bir istatistiksel ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir ($r^2=0,53$, $p<0,05$).

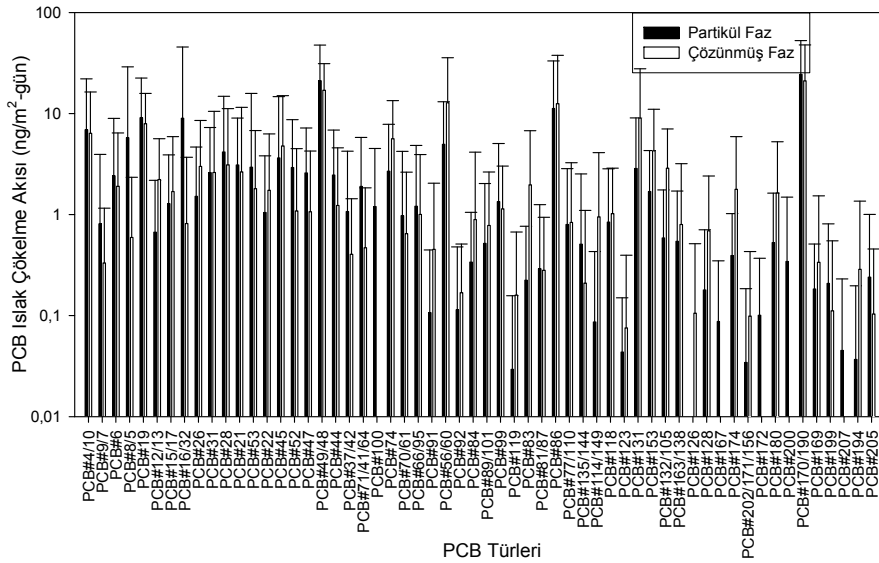
Islak çökeltme akı örneklerinde çözülmüş fazda 76, partikül fazda ise 80 PCB türüne rastlanmıştır. Her iki fazda da belirlenemeyen tür sadece PCB# 206’dır (Şekil 4.70).

Partikül fazda en düşük çökeltme akısı Mudanya bölgesinde olduğu gibi PCB# 119 türüne (0,029 ng/m²-gün) ve en yüksek PCB# 15 ve 17 türlerine (150 ng/m²-gün) aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük değer PCB# 123 türüne (0,075 ng/m²-gün) ve en yüksek değer PCB# 170/190 türlerine (21 ng/m²-gün) aittir. Moleküler ağırlıklar ile doğru orantılı bir akı değişimi olmadığı görülmektedir.

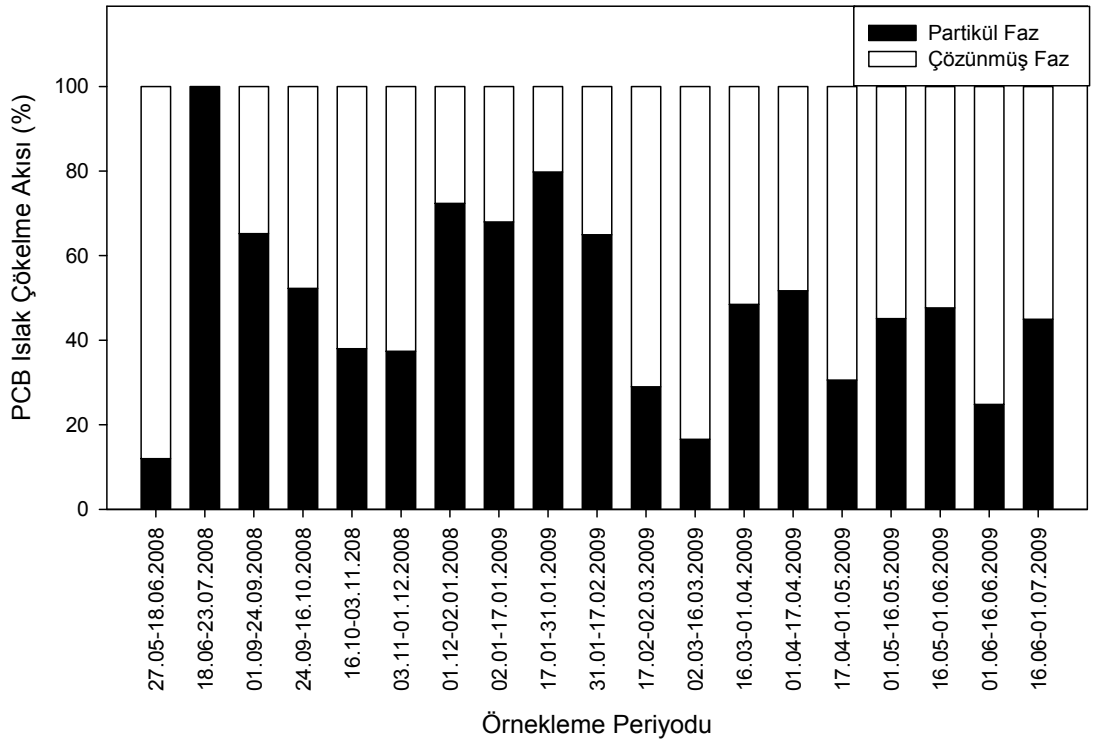


*:Çözünmüş Faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.69 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Örnek Periyotlarına Göre Değişimi



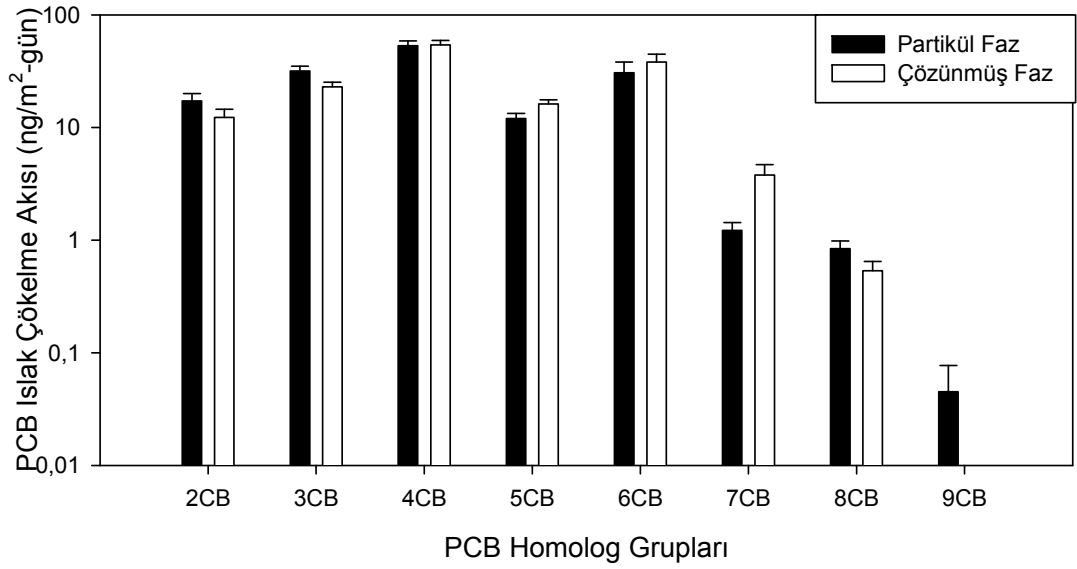
Şekil 4.70 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Türleri Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



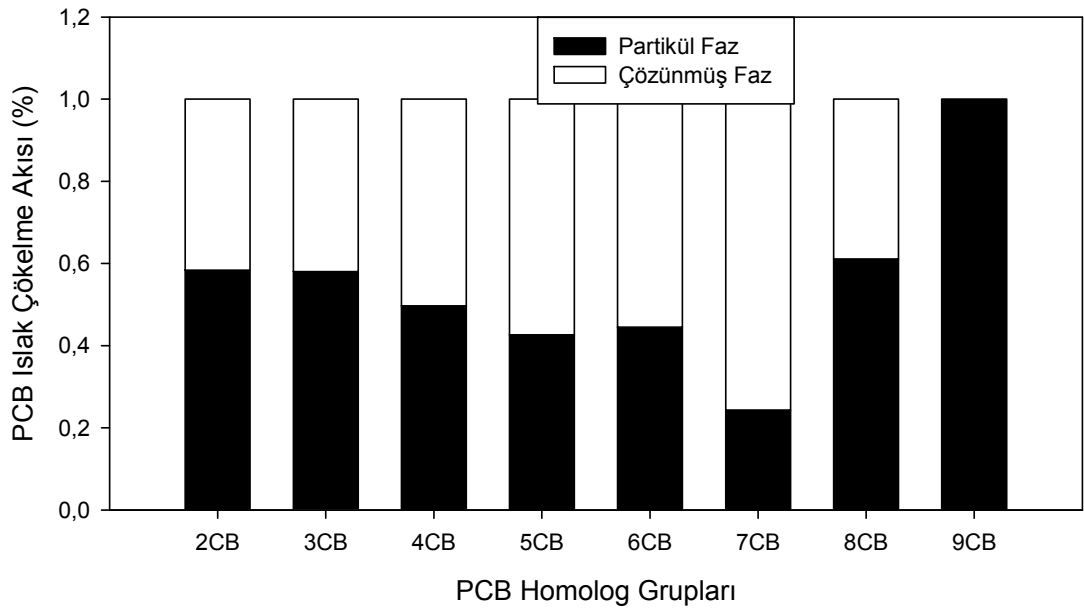
Şekil 4.71 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Zamana bağlı akı değerlerindeki çözünmüş ve partikül faz akı değerlerinin dağılımına (Şekil 4.71) bakıldığında bu oranların değişiminde bir uyum görülememiştir.

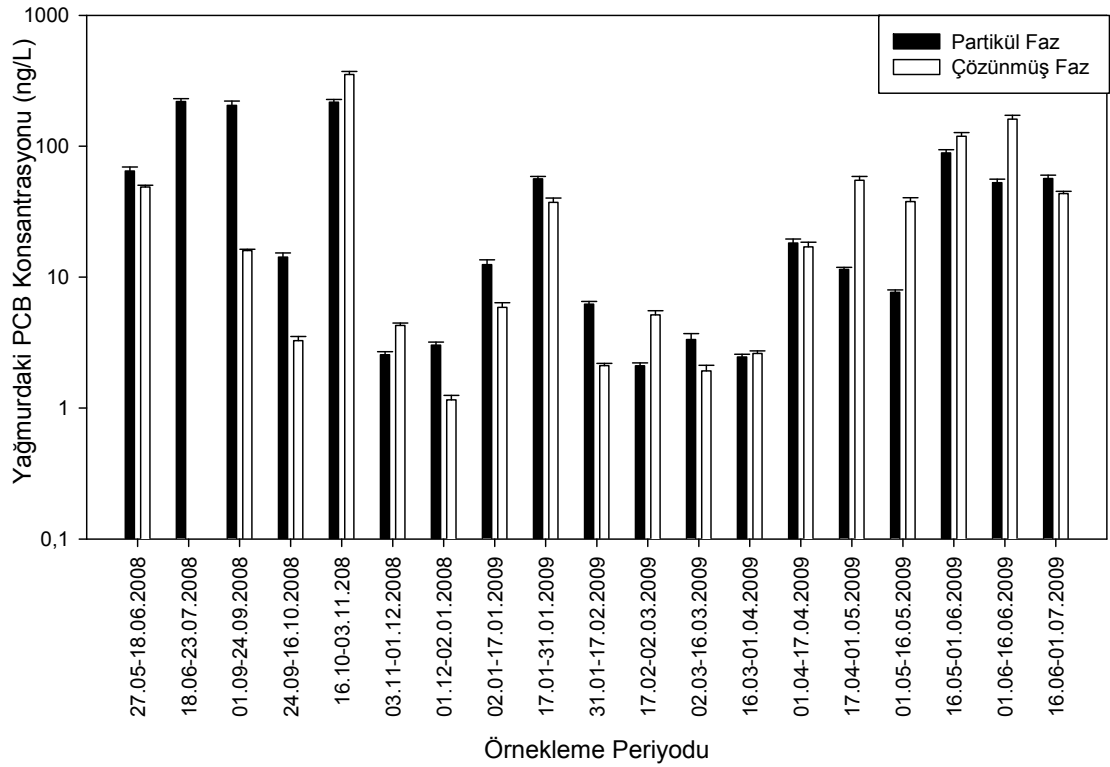
Islak çökeltme akılarının partikül faz ve çözünmüş fazlar için homolog gruplara göre dağılımı Şekil 4.72’de verilmiştir. Buna göre partikül fazda 4- klorlular baskın olup bunu sırasıyla 3-, 6-, 2-, 5-, 7-, ve 8- klorlular izlemiştir. Çözünmüş fazda da 4- klorlular baskınken bunu 6-, 3-, 5-, 2-, 7- ve 8- klorlu türler izlemiştir. Şekil 4.73’de de görüldüğü üzere akıların partikül/çözünmüş faz dağılımları birbirlerinden farklı oranlarda değerler almıştır. Atmosferik çökeltmede partikül faz oranlarının yüksek olması beklenen 8- ve 9- klorlu gruplar ile bu grupların atmosferik konsantrasyonlarının diğer gruplara göre daha düşük olması dolayısıyla düşük klorlu türlerin partikül faz ıslak çökeltme akıları baskın durumdadır.



Şekil 4.72 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



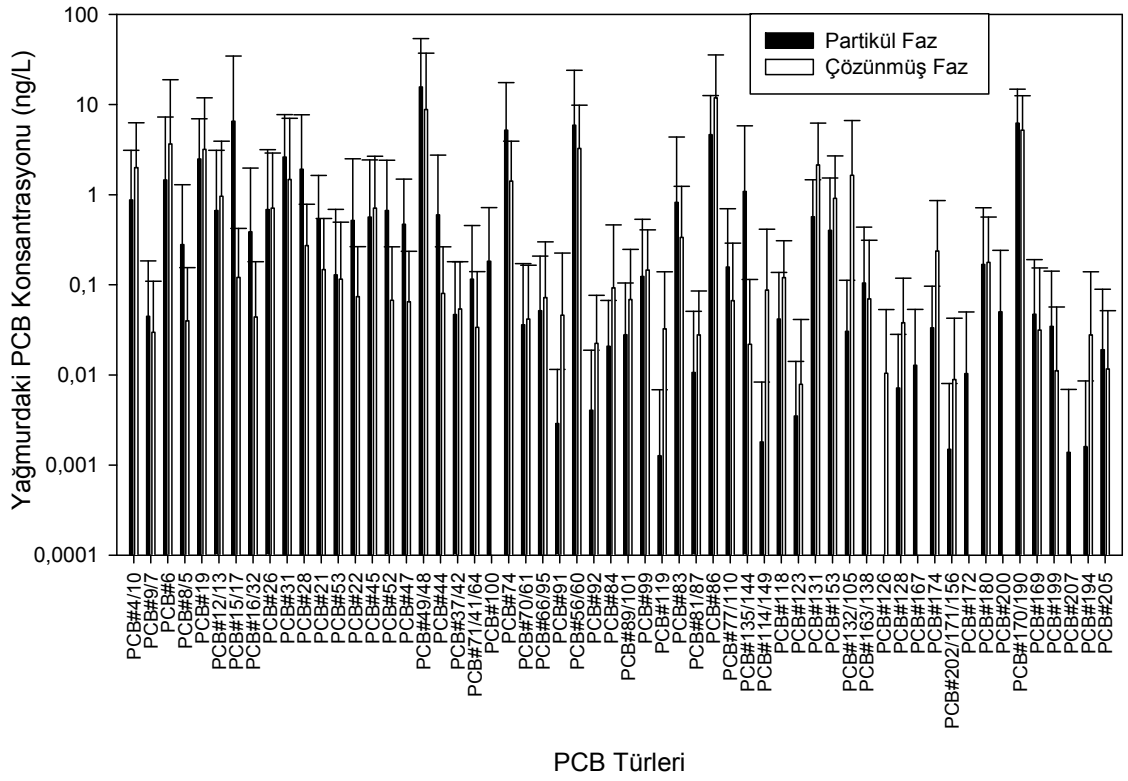
Şekil 4.73 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait PCB Islak Çökeltme Akılarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.74 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnek Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yağmur suyundaki PCB konsantrasyonlarının partikül faz için 55 ± 75 ng/L, çözülmüş faz için 50 ± 88 ng/L seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Mudanya Bölgesi değerleri ile karşılaştırıldığında partikül fazın daha baskın olduğu görülmektedir. Yağmurdaki PCB konsantrasyonları arasında zamana bağlı belirli bir değişim belirlenememiştir (Şekil 4.74) ancak kış aylarında daha düşük değerler aldıkları görülmektedir. Partikül faz ıslak çökeltme yağmur konsantrasyonları ile sadece sıcaklık arasında bir ilişki bulunmuştur ($r^2=0,40$, $p<0,05$).

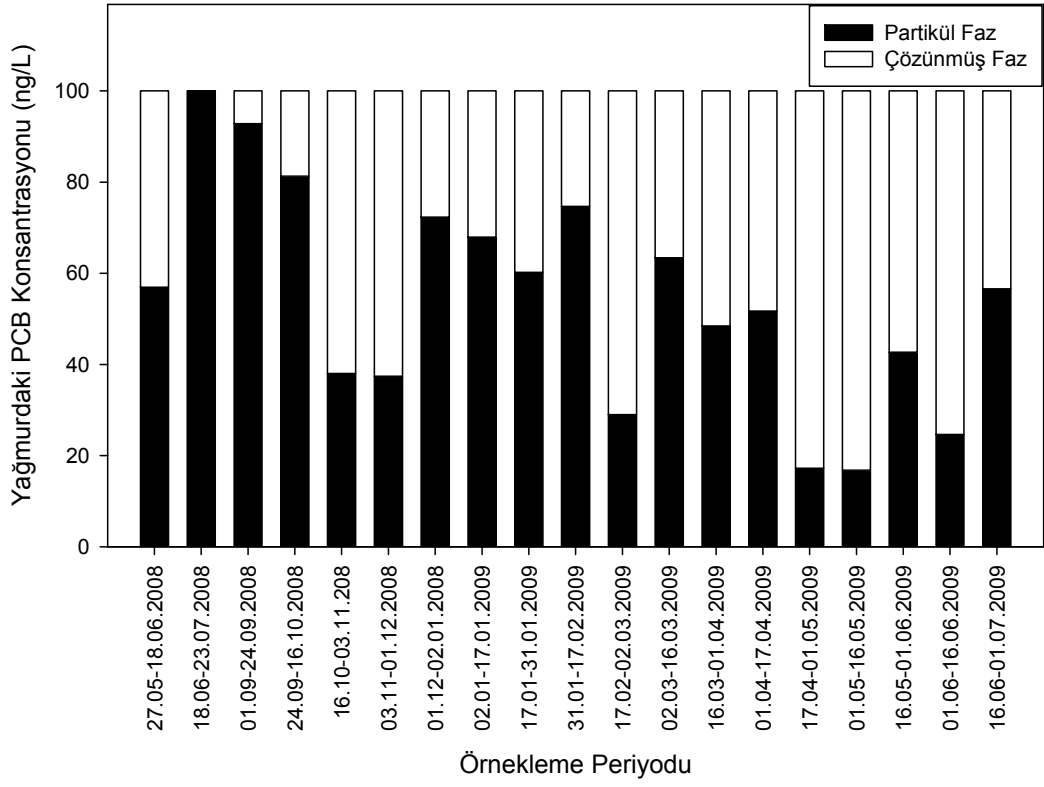
Çözülmüş ve partikül faz yağmur konsantrasyon değerleri birbirlerinden farklı seviyelerdedir (Şekil 4.75) ve moleküler ağırlıklarına bağlı olarak bir değişim gözlenememiştir. Partikül fazda en düşük yağmur konsantrasyonu, Mudanya'da olduğu gibi, PCB# 119 türüne (0,001274 ng/L) ve en yüksek PCB# 48/49 türlerine (7,8 ng/L) aittir. Çözülmüş fazda ise en düşük değer PCB# 123 türüne (0,0080 ng/L) ve en yüksek değer, Mudanya'da olduğu gibi, PCB# 86 türüne (11,85 ng/L) aittir.



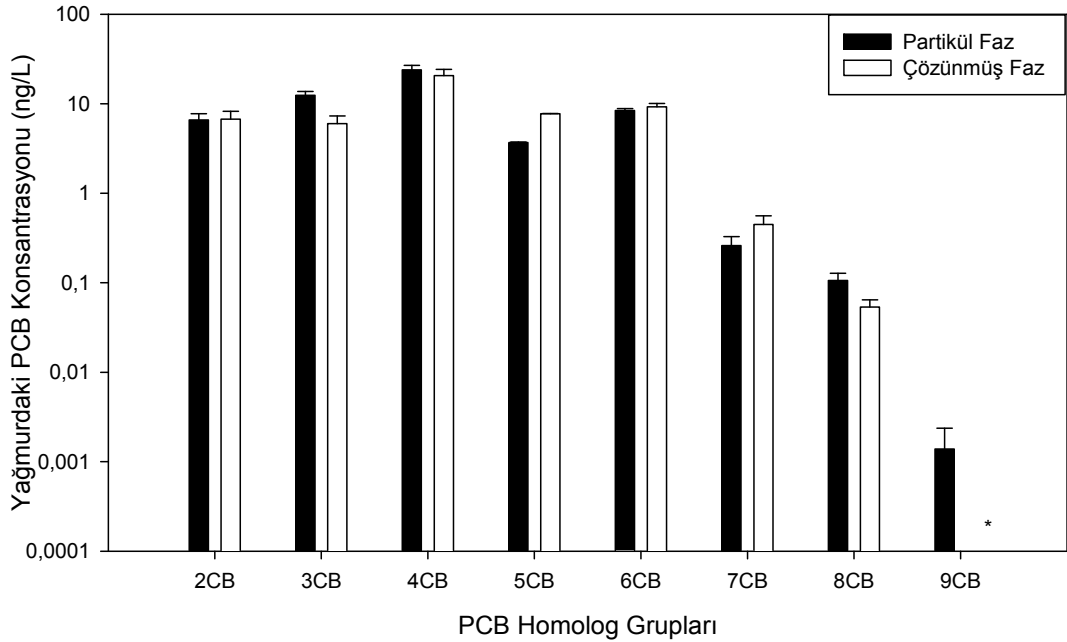
Şekil 4.75 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Türlere Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Örnekleme dönemlerinde belirlenen yağmur konsantrasyonları partikül/çözünmüş faz dağılımlarının yüzde değişimleri Şekil 4.76’da verilmiştir. Bu oranlar akıların dönemsel değişiminde olduğu gibi birbirlerinden farklı değerler almıştır ve bu farklılıklara bölgeye gelen rüzgar yönlerinin neden olduğu düşünülmektedir.

Yağmur konsantrasyonlarının homolog gruplara göre partikül ve çözünmüş faz dağılımları Şekil 4.77’de verilmiştir. Bu dağılımlar ıslak çökeltme akılarında olduğu gibidir. Atmosferik çökeltmede partikül faz oranlarının yüksek olması beklenen 8- ve 9- klorlu gruplar ile bu grupların atmosferik konsantrasyonlarının diğer gruplara göre daha düşük olması dolayısıyla düşük klorlu türlerin partikül faz ıslak çökeltme akıları baskın olduğu gibi yağmur konsantrasyonlarında da baskın durumdadır (Şekil 4.78).

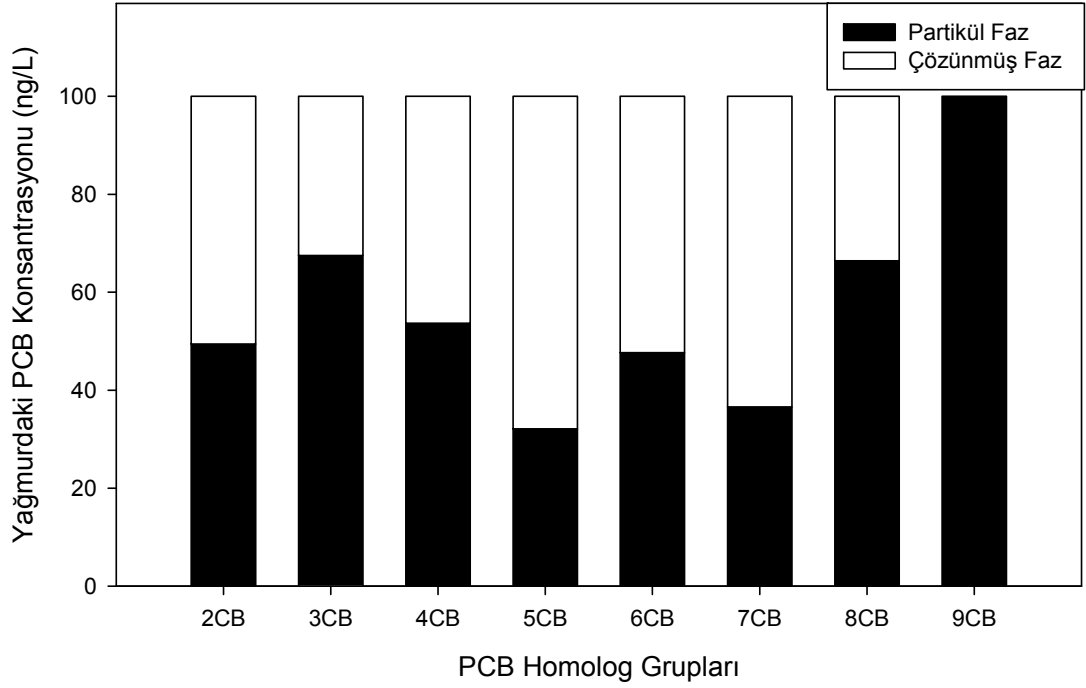


Şekil 4.76 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örneklem Periyotlarına Göre yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

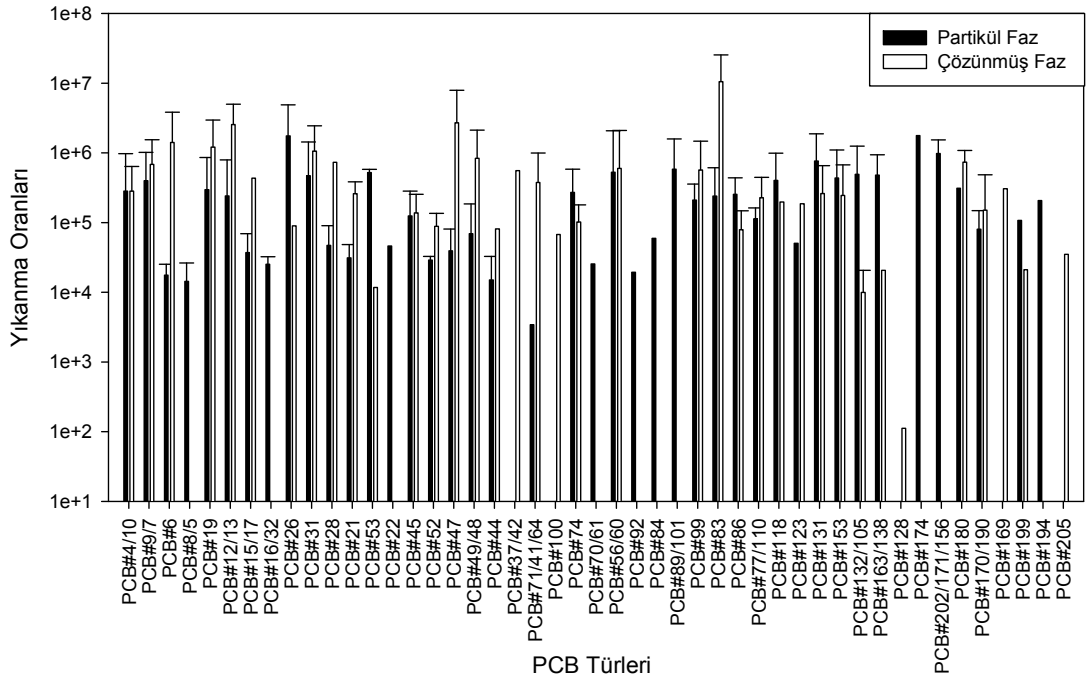


*:Çözünmüş fazda tespit edilememiştir.

Şekil 4.77 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



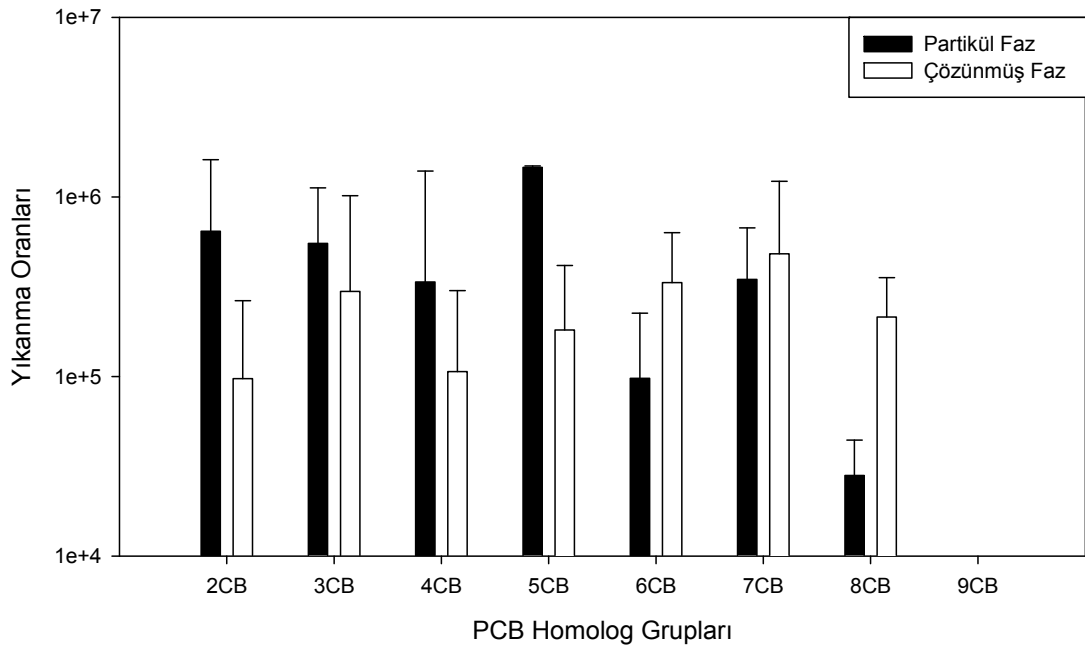
Şekil 4.78 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.79 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Türlere Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yıkanma oranları her bir tür için belirlenmiş olup çözünmüş faz için 350.000 ± 650.000 ve partikül faz için $600.000 \pm 1.500.000$ değerleri arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.79). Partikül fazda en yüksek yıkanma oranı PCB 83 türünde (10.500.000), en düşük yıkanma oranı ise PCB 128 türünde (112,00) görülmüştür. Çözünmüş fazda ise en yüksek yıkanma oranı PCB 174 türü için (1.771.500), en düşük yıkanma oranı ise PCB 41/64/71 türleri için (3.420) olarak bulunmuştur.

Çözünmüş ve partikül fazda 9 klorlu türler için yıkanma oranlarının bulunamamıştır (Şekil 4.80). Bununla beraber çözünmüş ve partikül faz yıkanma oranlarının genel olarak molekül ağırlıkları ile orantısız olarak değiştiği belirlenmiştir. Bu durum, belki de yıkanma oranları hesaplanabilen tür sayılarının az olması ve bu nedenle buldukları homolog gruptaki gerçek yıkanma oranını tam olarak niteleyememesinden ileri gelmektedir.

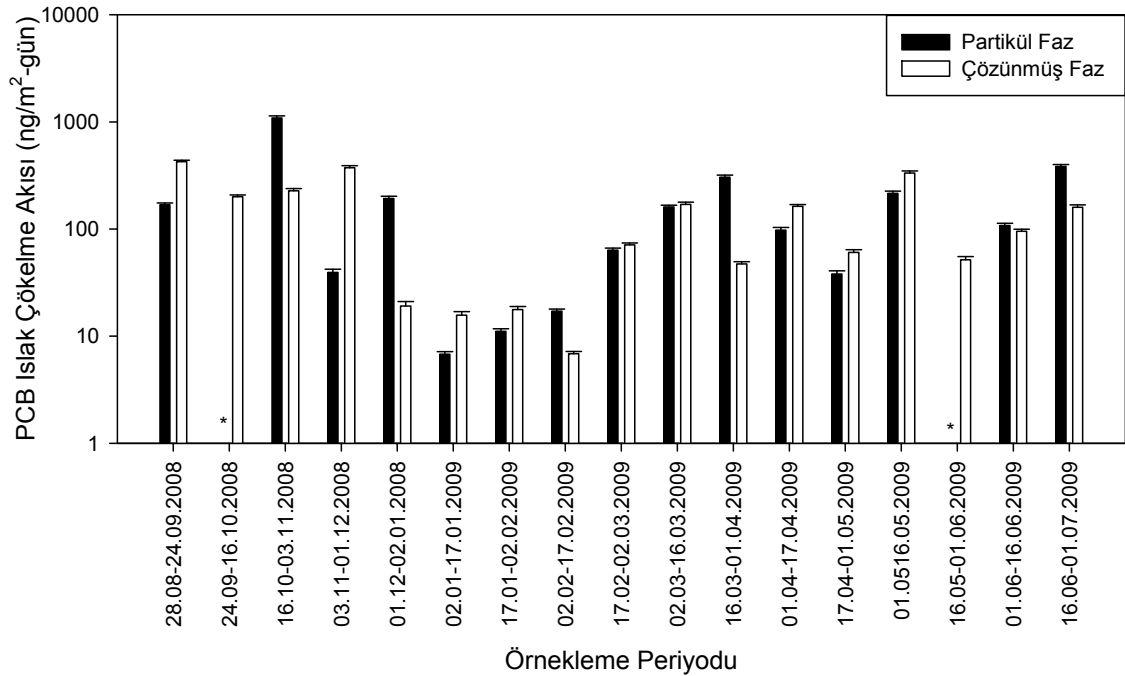


Şekil 4.80 Uludağ Üniversitesi Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

4.4.3. Mudanya örnekleme bölgesi

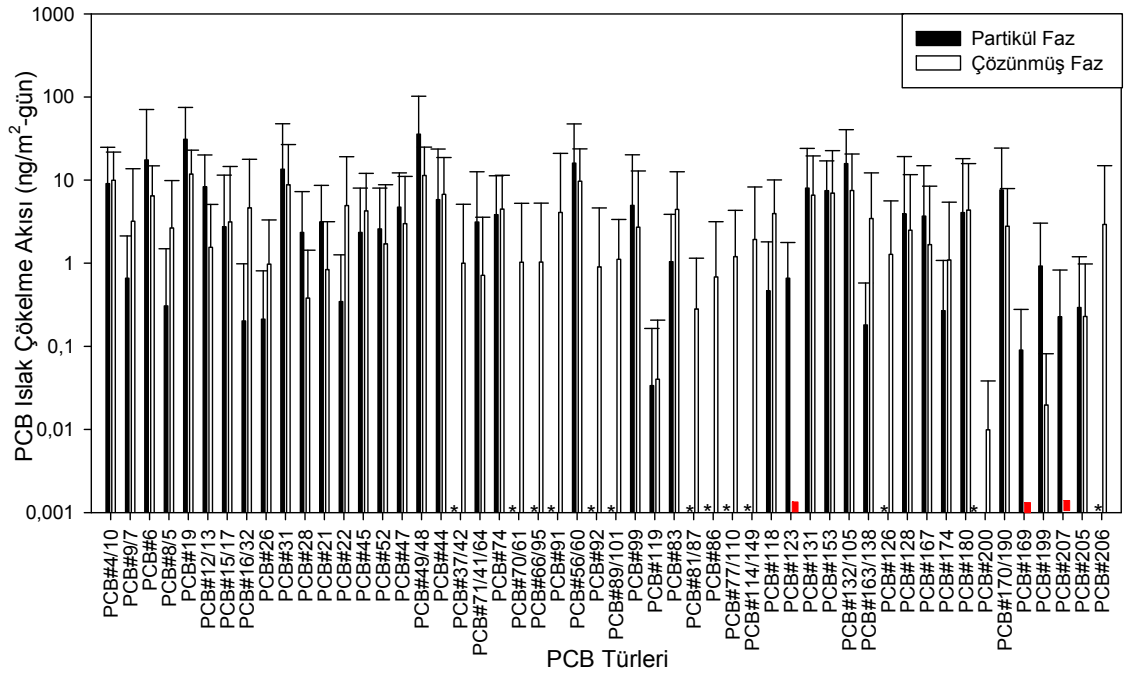
Mudanya bölgesinden örnekleme dönemi boyunca (Ağustos 2008 – Haziran 2009) 17 adet ıslak çökeltme örneği alınmıştır. Bölgeye ait ıslak çökeltme akıları çözülmüş ve partikül fazlar için sırasıyla 145 ± 130 ng/m²-gün ve 195 ± 270 ng/m²-gün olarak bulunmuştur. Bu değerler, literatür çalışmalarında olduğu gibi net yağış süreleri yerine dönemsel örnekleme süreleri kullanılarak hesaplandığında çözülmüş ve partikül fazlar için sırasıyla $6,5 \pm 5,0$ ng/m²-gün, $6,8 \pm 5,0$ ng/m²-gün değerlerini almaktadır.

Şekil 4.81’de çözülmüş ve partikül faz ıslak çökeltme akı değerlerinin dönemsel değişimleri verilmiştir. Buna göre kış aylarında daha düşük akı değerleri bulunmuştur. Bu durum BUTAL’de karşılaşılan durumla benzer olmakla birlikte atmosferik PCB konsantrasyonlarının kış aylarında daha düşük olmasının akı değerlerinin düşük olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Meteorolojik değerler ile ıslak çökeltme akılarının değişimi incelendiğinde aralarında önemli bir istatistiksel ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).



*:Partikül faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.81 Mudanya Bölgesine ait ıslak çökeltme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi



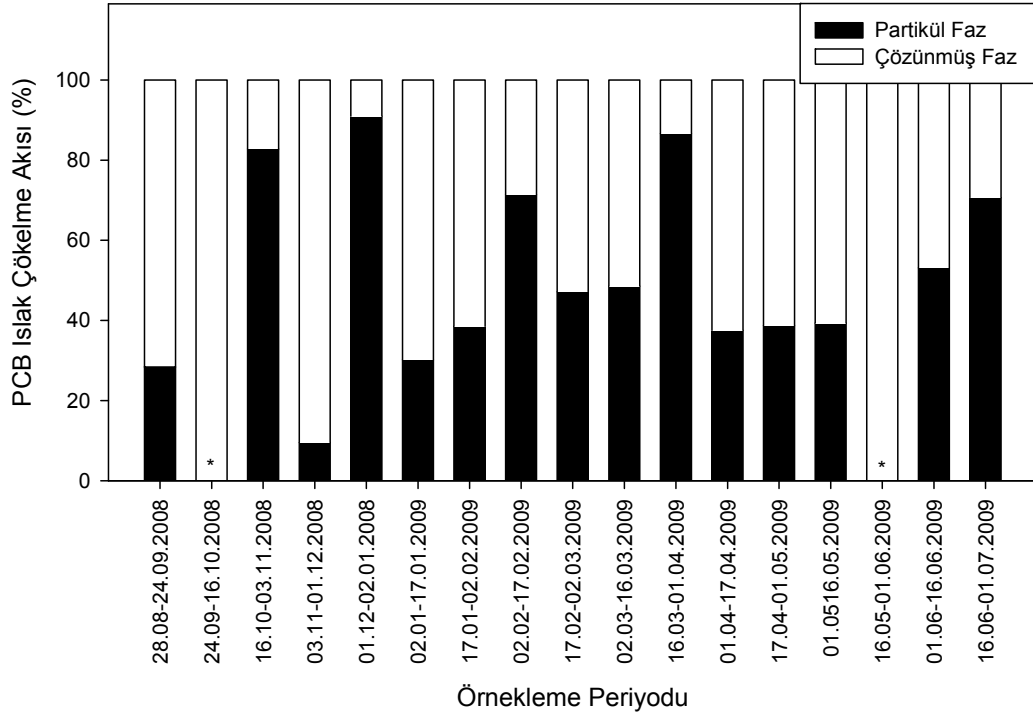
■: Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB türleri
*:Partikül fazda tespit edilemeyen PCB türleri

Şekil 4.82 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Türlere Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Şekil 4.82’de akı değerlerinin türlere göre değişimi verilmiştir. Çözünmüş fazda 69, partikül fazda ise 52 PCB türüne rastlanmıştır. Partikül fazda en düşük çökeltme akısı PCB# 119 türüne (0,033 ng/m²-gün) ve en yüksek PCB# 48/49 türlerine (35,71 ng/m²-gün) aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük değer PCB# 200 türüne (0,01 ng/m²-gün) ve en yüksek değer PCB# 19 türüne (11,83 ng/m²-gün) aittir. En düşük ve en yüksek akı değerlerine sahip türlere bakıldığında moleküler ağırlıklar ile doğru orantılı bir akı değişimi olmadığı görülmektedir. Dönemsel akı değerlerindeki çözünmüş ve partikül faz akı değerlerinin dağılımına (Şekil 4.83) bakıldığında bu oranların değişiminde bir uyum görülemez.

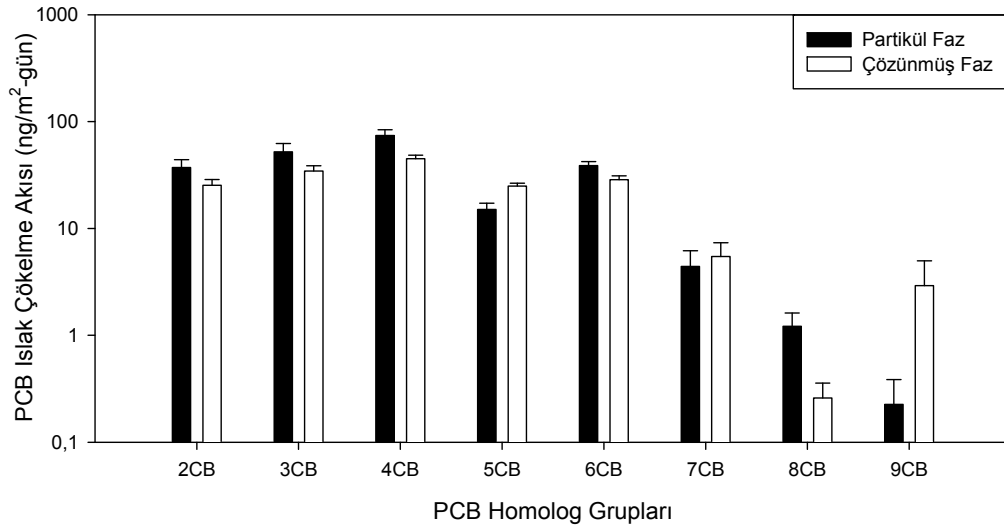
Islak çökeltme akılarının partikül faz ve çözünmüş fazlar için homolog gruplara göre dağılımı Şekil 4.84’de verilmiştir. Buna göre partikül fazda 4- klorlular baskın olup bunu sırasıyla 3-, 2-, 6-, 5-, 7-, 8- ve 9- klorlular izlemiştir ve bu dağılımda, 2-, 3- ve 4- klorlularda bir artış sonrasında ise azalma olduğu görülmüştür. Çözünmüş fazda da 4- klorlular baskınken bunu 3-, 6-, 2-, 5-, 7-, 9- ve 8- klorlu türler izlemiştir. Şekil 4.85’de

de görüldüğü üzere 8- ve 9- klorlular haricinde partikül/çözünmüş faz akıları birbirlerine yakın oranlarda değer almışlardır. 8- ve 9- klorlularda ise tür sayılarının az olması dolayısıyla akı değerlerini tam olarak temsil edemediği düşünülmektedir.



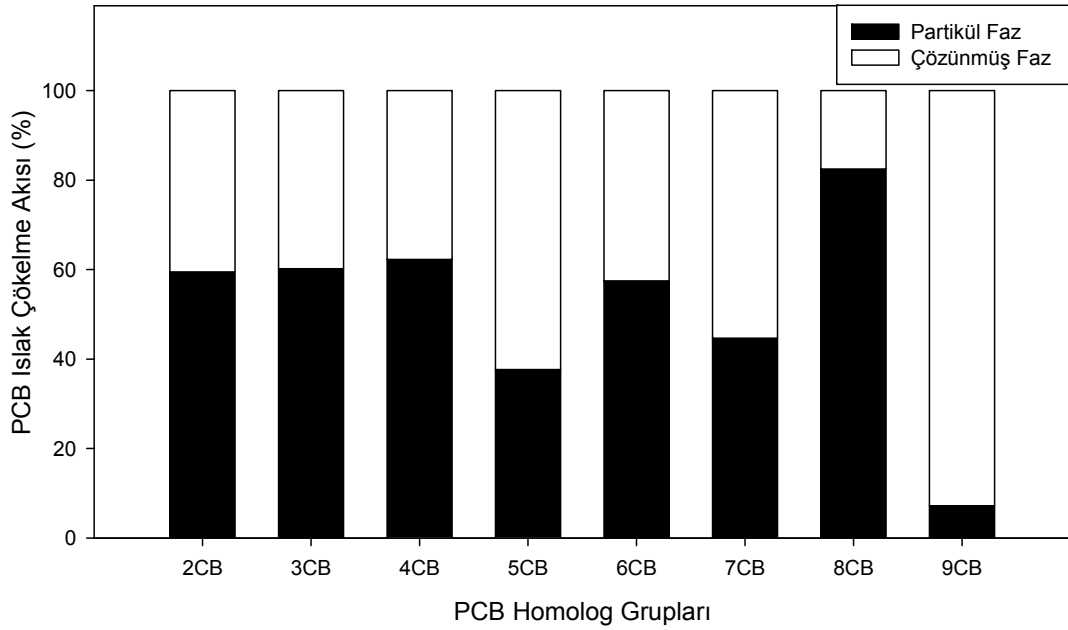
*:Partikül faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.83 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

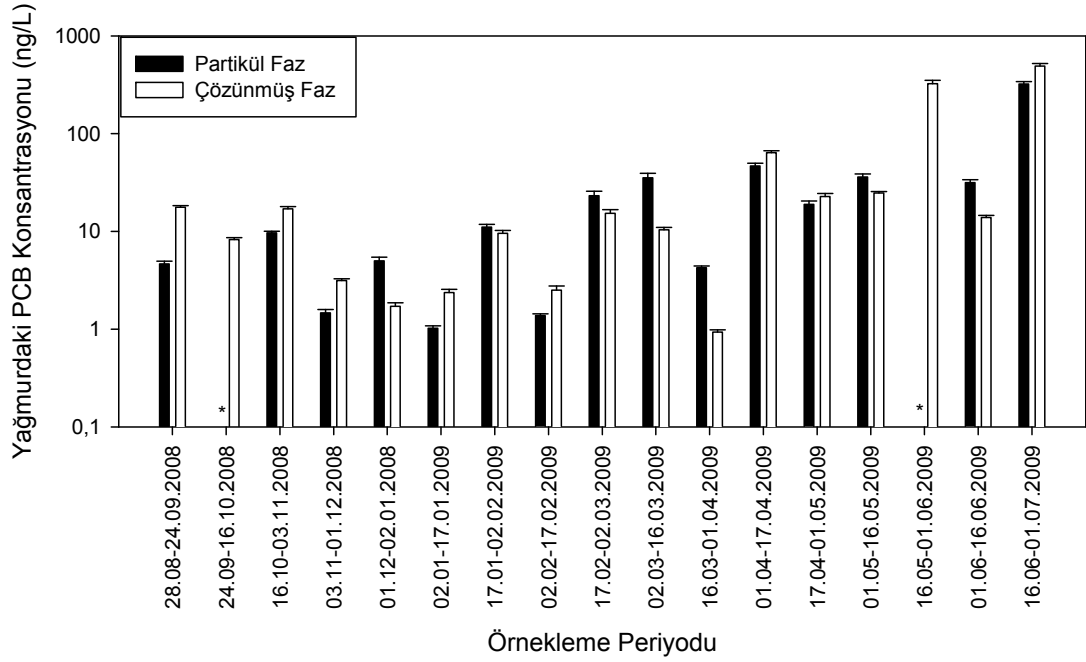


Şekil 4.84 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yağmur suyundaki PCB konsantrasyonları partikül faz için 40 ± 80 ng/L, çözünmüş faz için 65 ± 135 ng/L seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Dönemsel yağmur konsantrasyonları arasında belirli bir değişim belirlenememiştir (Şekil 4.86) ancak kış aylarında daha düşük değerler aldıkları gözlenmiştir. Çözünmüş faz ıslak çökeltme akıllarında olduğu gibi yağmur konsantrasyonları ile sadece sıcaklık arasında bir ilişki bulunmuştur ($r^2=0,26$, $p<0,05$). Partikül faz için ise meteorolojik verilerle anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır ($p>0,05$). Korelasyonda kullanılan meteorolojik veriler örnekleme döneminde (yağışlı ve yağışsız, gece ve gündüz) görülen değerlerin ortalaması olması dolayısıyla ıslak çökeltme akıllarının ve yağmur konsantrasyonlarının meteorolojik verilerle olan gerçek ilişkiler tespit edilememiş olmaktadır.

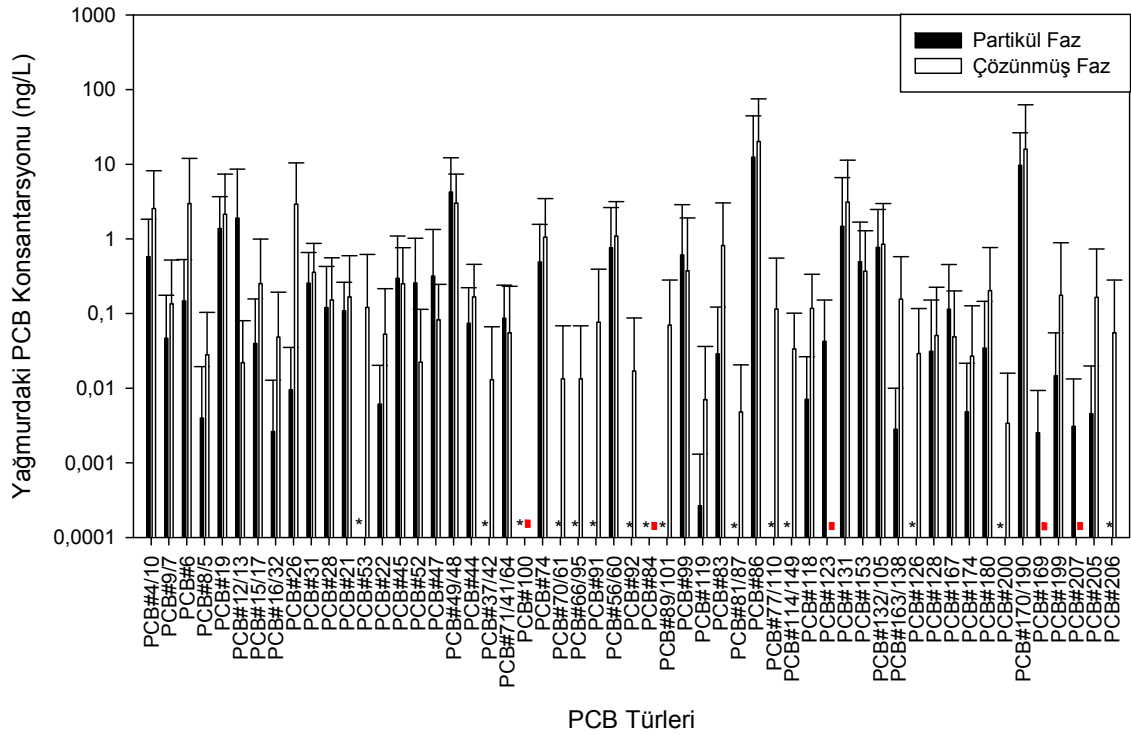


Şekil 4.85 Mudanya Bölgesine ait Islak Çökeltme Akıllarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



*:Partikül faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.86 Mudanya Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnek Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



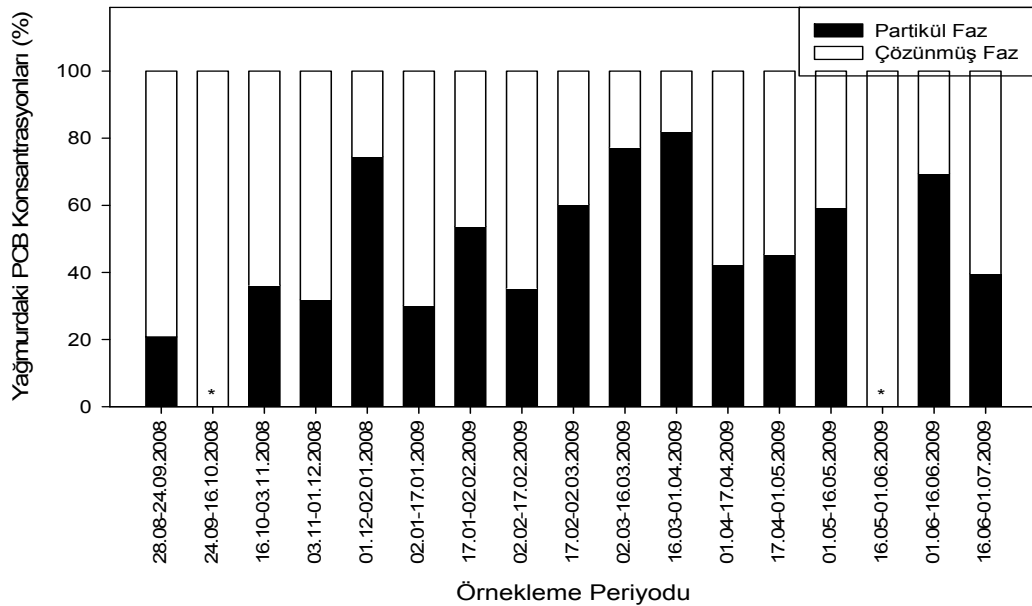
■: Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB türleri

*:Partikül fazda tespit edilemeyen PCB türleri

Şekil 4.87 Mudanya Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

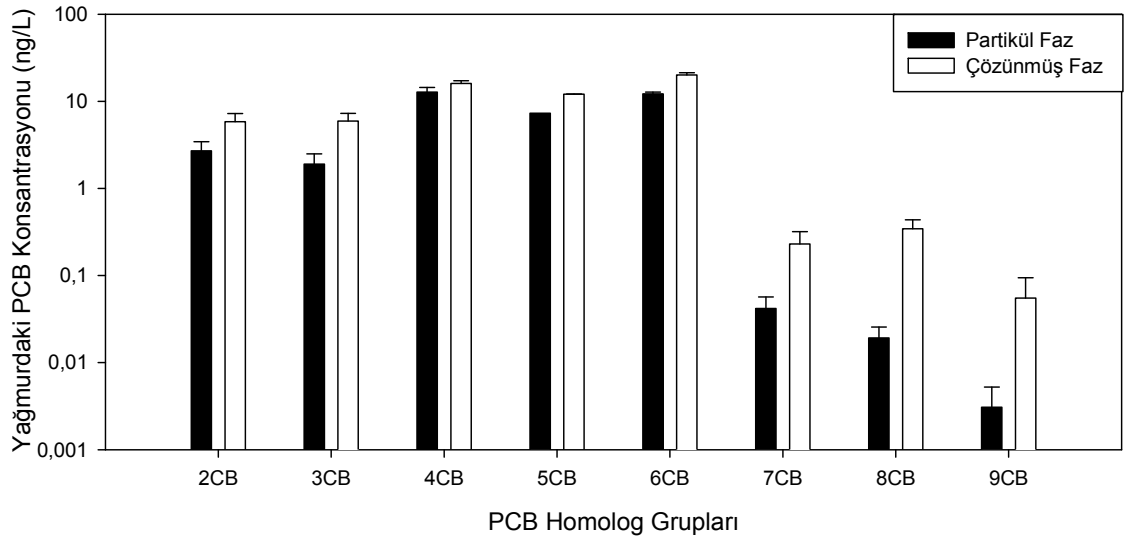
Çözünmüş ve partikül faz yağmur konsantrasyon değerleri birbirlerinden farklı seviyelerdedir (Şekil 4.87) ve moleküler ağırlıklarına bağlı olarak bir değişim gözlenememiştir. Yıllık ortalama yağmurdaki PCB konsantrasyonu partikül fazda en düşük değer, partikül faz ıslak çökeltme akısında olduğu gibi, PCB# 119 türüne (0,0002 ng/L) ve en yüksek PCB# 86 türüne (12,44 ng/L) aittir. Çözünmüş fazda en düşük yıllık ortalama değer, çözünmüş faz ıslak çökeltme akısında olduğu gibi, PCB# 200 türüne (0,0033 ng/L) ve en yüksek değer ise PCB# 86 türüne (20,18 ng/L) aittir. Her iki fazda da en düşük değerler ıslak çökeltme akılarında belirlenen türler ile benzerlik göstermiştir.

Örnekleme dönemlerinde belirlenen partikül/çözünmüş faz dağılımlarının yüzde değişimleri Şekil 4.88’de verilmiştir. Bu oranlar akıların dönemsel değişiminde olduğu gibi birbirlerinden farklı değerler almıştır ve bu farklılıklara bölgeye gelen rüzgar yönlerinin neden olduğu düşünülmektedir. Rüzgarların kuzeyden esmesi durumunda uzak mesafeden taşınma gerçekleşeceği için partikül oranının daha düşük olması ve güneyden esmesi durumunda kırsal alandan daha fazla partikül gelmesiyle daha yüksek olması gerektiği düşünülmektedir. Bu durumlar partikül ve çözünmüş faz yüzdelerinin birbirlerinden farklı çıkmasına neden olmuştur.



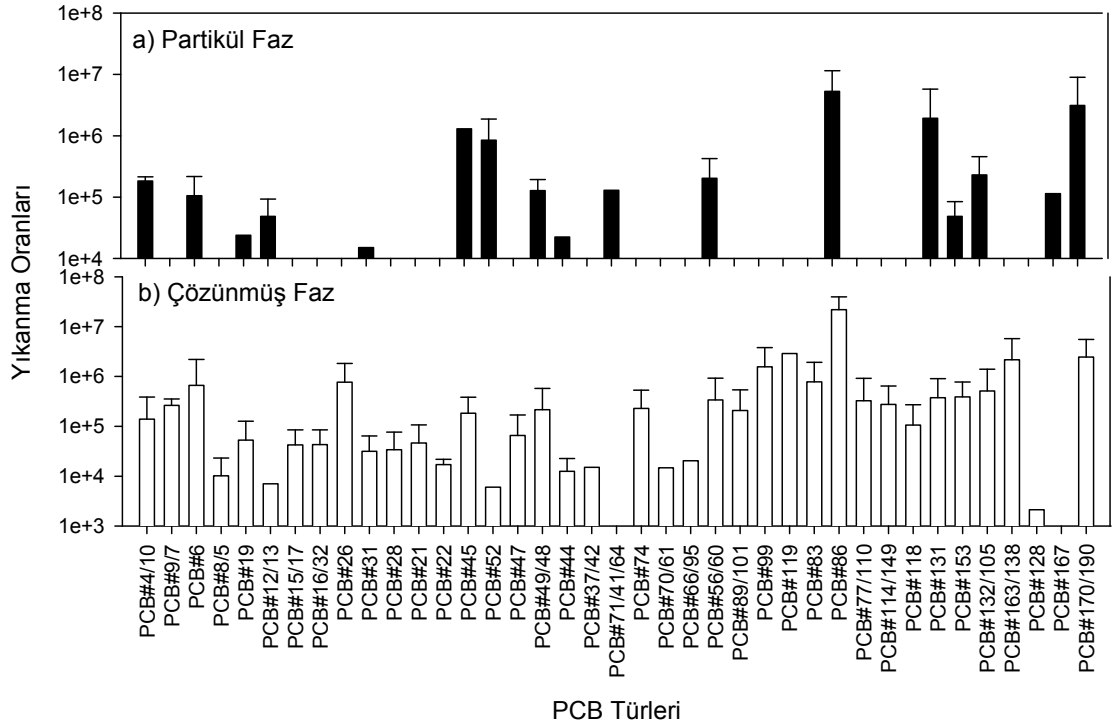
*:Partikül faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.88 Mudanya Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



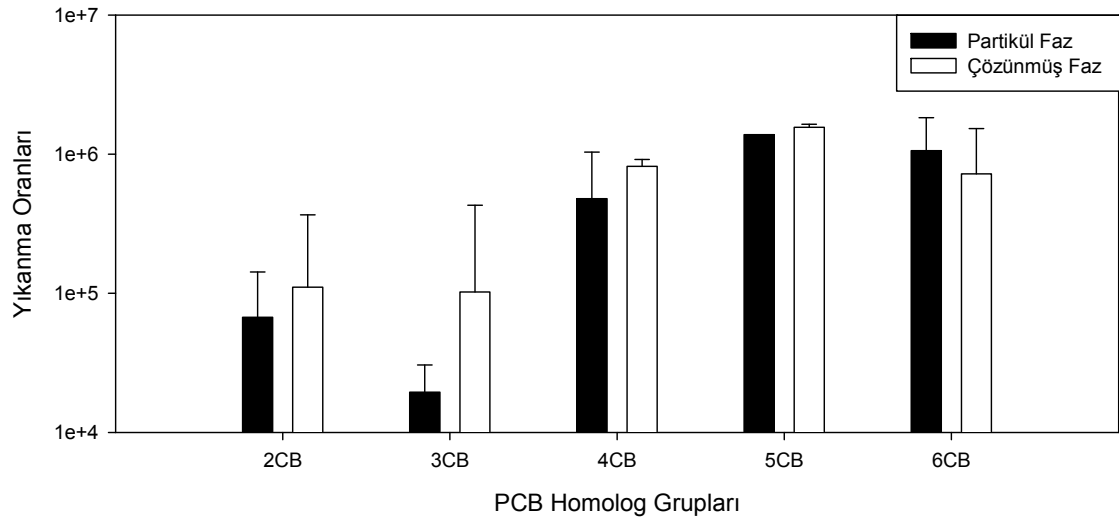
Şekil 4.89 Mudanya Bölgesine ait Yağmur Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yağmur konsantrasyonlarının homolog gruplara göre partikül ve çözünmüş faz dağılımları Şekil 4.89’da verilmiştir. Bu dağılımlar ıslak çökeltme akılarına olduğu gibidir.



Şekil 4.90 Mudanya Bölgesine ait Yıkama Oranlarının Türlere Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Mudanya Bölgesi'nde yıllık ortalama yıkanma oranları Denklem 4.4 ile her bir tür için belirlenmiş olup çözünmüş faz için $825.000 \pm 1.400.000$ ve partikül faz için $1.017.500 \pm 1.930.000$ değerlerini almıştır (Şekil 4.90). Partikül fazda en yüksek yıkanma oranı PCB 86 türünde (5.288.000), en düşük yıkanma oranı ise PCB 31 türünde (15.000) görülmüştür. Çözünmüş fazda ise en yüksek yıkanma oranı PCB 86 türü için (22.050.000), en düşük yıkanma oranı ise PCB 128 türü için (2.121) olarak bulunmuştur.



Şekil 4.91 Mudanya Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Çözünmüş fazda 7-, 8- ve 9- klorlu türler için yıkanma oranları (dış ortam hava konsantrasyonlarının bu türler için ilgili dönemde bulunamamış olması dolayısıyla) bulunamamıştır (Şekil 4.91).

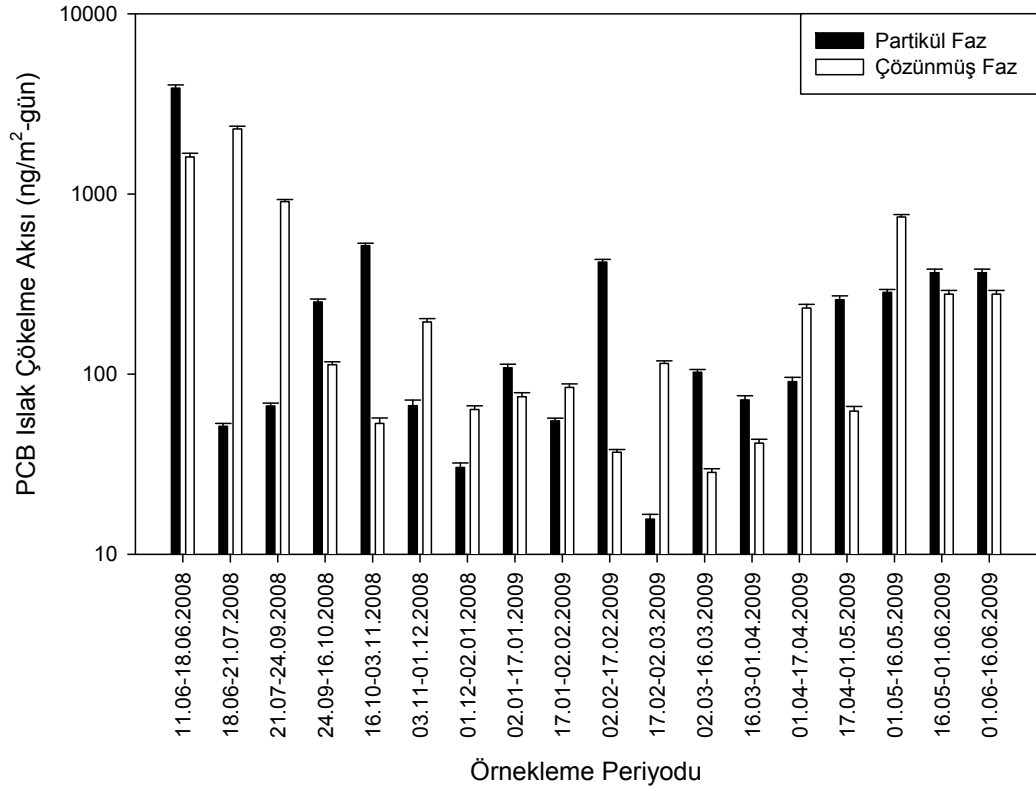
4.4.4. Yavuz Selim örnekleme bölgesi

Yavuz Selim bölgesinden örnekleme dönemi boyunca (Haziran 2008 – Haziran 2009) 18 adet ıslak çökeltme örneği ile bölgeye ait ıslak çökeltme akıları çözünmüş ve partikül fazlar için sırasıyla 410 ± 645 ng/m²-gün ve 390 ± 910 ng/m²-gün olarak bulunmuştur. Bu değerler, literatür çalışmalarında olduğu gibi net yağış süreleri yerine dönemsel örnekleme süreleri kullanılarak hesaplandığında çözünmüş ve partikül fazlar için sırasıyla 11 ± 10 ng/m²-gün, 16 ± 29 ng/m²-gün değerlerini almaktadır.

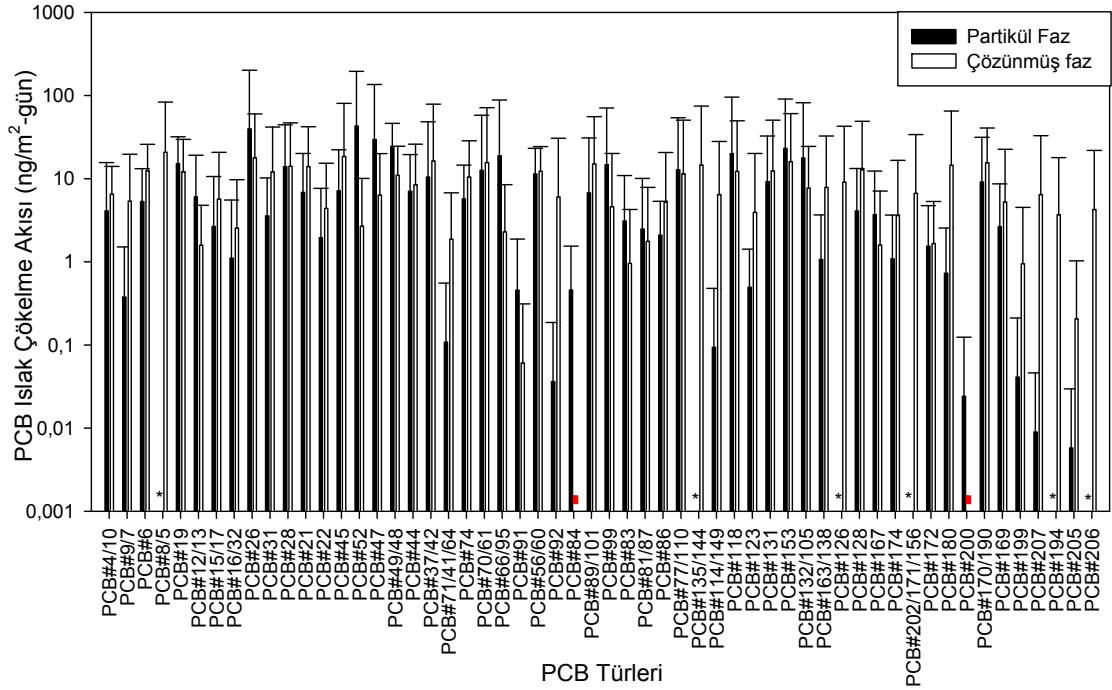
Şekil 4.92’de çözünmüş ve partikül faz ıslak çökme akı değerlerinin zamana bağlı değişimleri verilmiştir. Buna göre kış aylarında daha düşük akı değerleri bulunmuştur. Bu durum BUTAL, Mudanya ve Uludağ Üniversitesi’nde karşılaşılan durumla benzer olup atmosferik PCB konsantrasyonlarının kış aylarında daha düşük olmasının akı değerlerinin düşük olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 11/06-21/07/2008 dönemlerinde alınan 2 örnekteki akı değerlerinin, yağış sürelerine bağlı olarak, diğerlerine göre çok yüksek olmasına ve dolayısıyla yıllık ortalama akının da artış göstermesine neden olmuştur. Meteorolojik değerler ile ıslak çökme akılarının değişimi incelendiğinde Çözünmüş ve partikül faz akıları ile aralarında önemli bir istatistiksel ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Islak çökme akı örneklerinde çözünmüş fazda 77, partikül fazda ise 69 PCB türüne rastlanmıştır. Her iki fazda da belirlenemeyen türler ise PCB 53, 100, 119 türleridir (Şekil 4.93). yıllık ortalama çökme akıları partikül fazda en düşük PCB# 205 türüne ($0,0058 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) ve en yüksek PCB# 52 türüne ($43 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük ortalama değer PCB# 91 türüne ($0,0607 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) ve en yüksek ortalama değer PCB# 5/8 türlerine ($20,85 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$) aittir. En düşük ve en yüksek akı değerlerine sahip türlere bakıldığında moleküler ağırlıklar ile doğru orantılı bir akı değişimi olmadığı görülmektedir.

Zamana bağlı akı değerlerindeki çözünmüş ve partikül faz akı değerlerinin dağılımına (Şekil 4.94) bakıldığında bu oranların değişiminde bir uyum görülmemiştir.



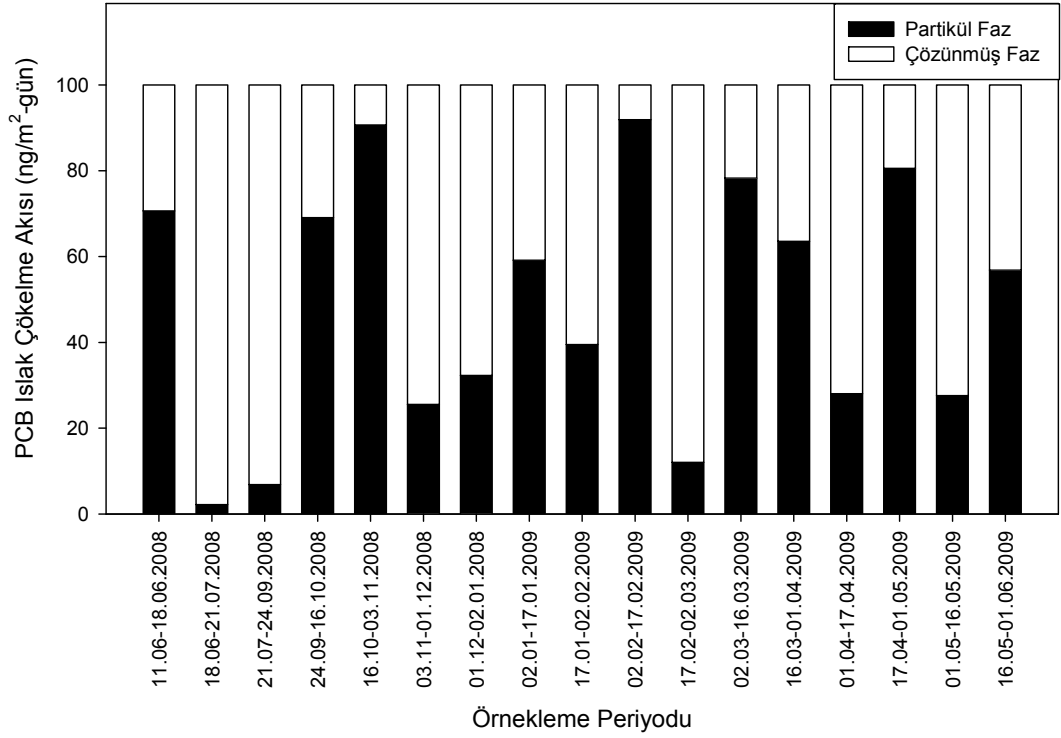
Şekil 4.92 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Örnekleme Periyotlarına Göre Değişimi



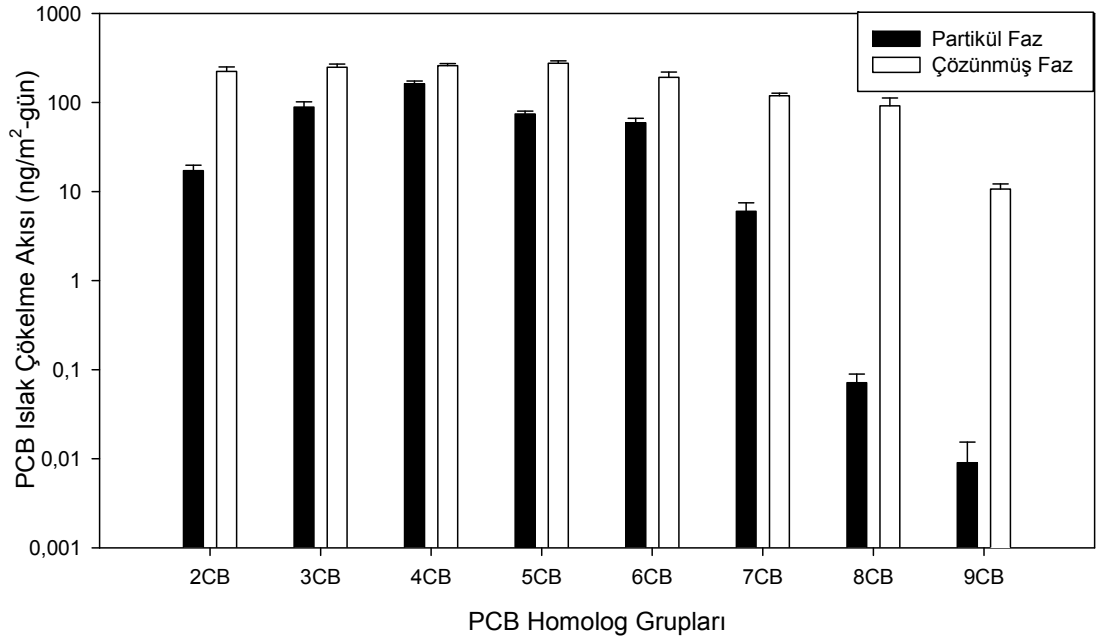
■ : Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB türleri

*:Partikül fazda tespit edilemeyen PCB türleri

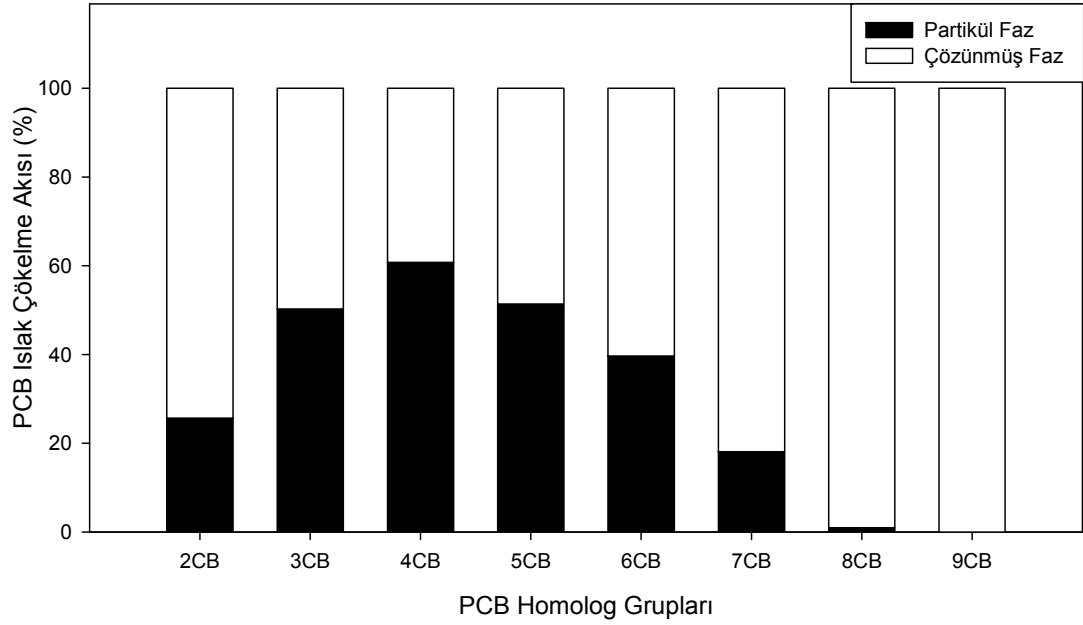
Şekil 4.93 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Türlerine Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.94 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



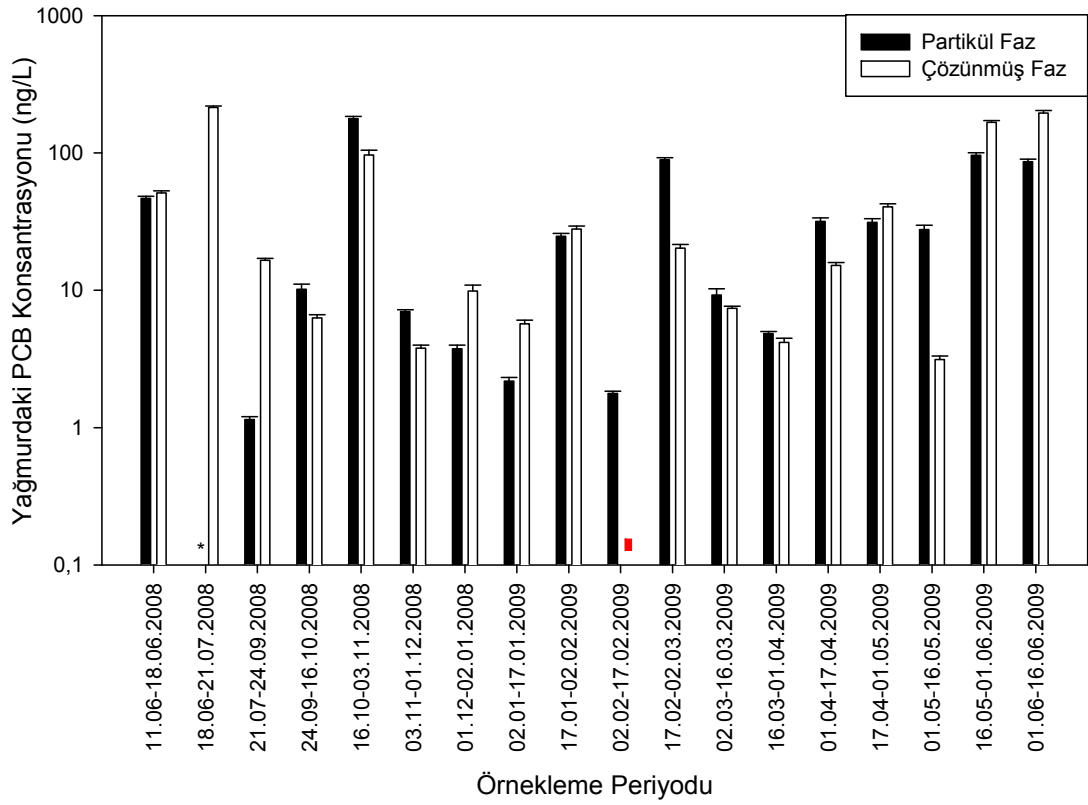
Şekil 4.95 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Homolog Gruplara göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.96 Yavuz Selim Bölgesine ait Islak Çökeltme Akılarının Homolog gruplara göre Yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Islak çökeltme akılarının partikül faz ve çözünmüş fazlar için homolog gruplara göre dağılımı Şekil 4.95’de verilmiştir. Buna göre partikül fazda 4- klorlular baskınken bunu 5-, 3-, 6-, 2-, 7-, 8- ve 9- klorlu türler izlemiştir. Bu dağılımda, 4- klorlulardan sonra değerlerde azalma olduğu görülmüştür. Çözünmüş fazda ise 5 klorlular baskınken bunu 4-, 3-, 2-, 6-, 7-, 8- ve 9- klorlu türler izlemiştir. Şekil 4.96’da da görüldüğü üzere akıların partikül/çözünmüş faz dağılımları birbirlerinden farklı oranlarda değerler almıştır. Atmosferik çökeltmede partikül faz oranlarının yüksek olması beklenen 8 ve 9 klorlular partikül faz ıslak çökeltme akıları bulunamamıştır. Bu homolog grupların seviyeleri düşük olup, rapor edilememiştir.

Yağmur suyundaki PCB konsantrasyonlarının partikül faz için 40 ± 50 ng/L, çözünmüş faz için 52 ± 70 ng/L seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Zamana bağlı yağmur konsantrasyonları arasında belirli bir değişim belirlenememiştir (Şekil 4.97). Uludağ Üniversitesi’nde olduğu gibi partikül faz ıslak çökeltme yağmur konsantrasyonları ile sadece sıcaklık arasında bir ilişki bulunmuştur ($r^2=0,38$, $p<0,05$). Çözünmüş faz için ise Uludağ Üniversitesi’ndekinin aksine rüzgar hızı ($r^2=0,45$, $p<0,05$) ile pozitif, nem oranı ($r^2=0,45$, $p<0,05$) ile negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.



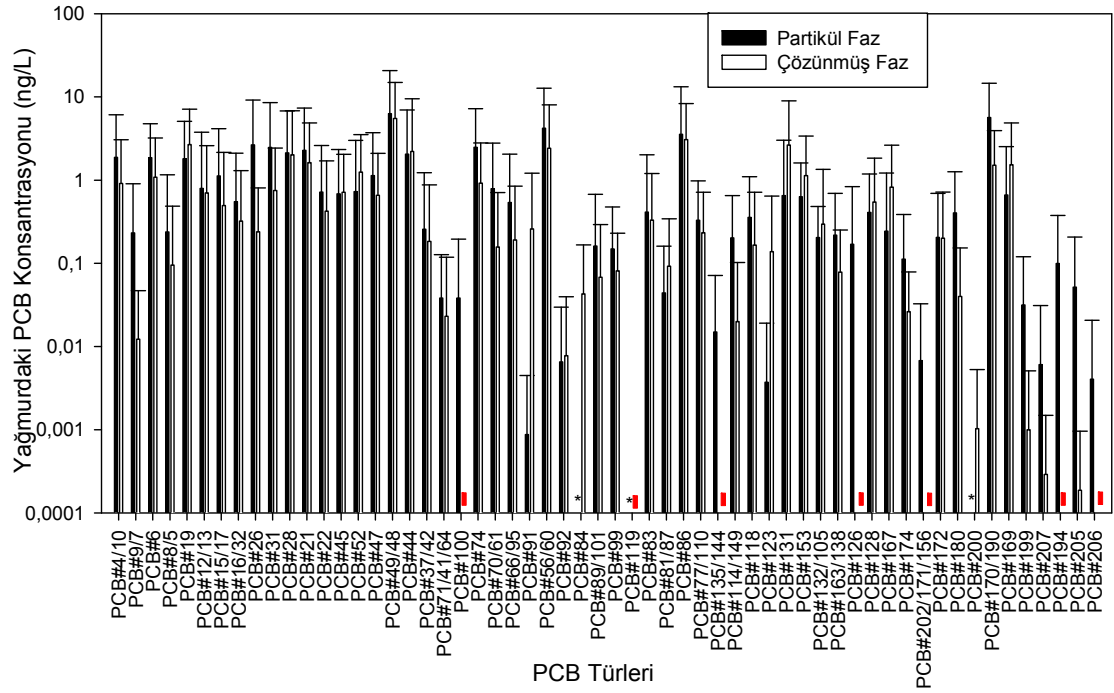
■ : Çözünmüş faz örneği bulunmamaktadır.

*:Partikül faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.97 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örnekleme Periyotlarına Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Çözünmüş ve partikül faz yağmur konsantrasyon değerleri birbirlerinden farklı seviyelerdedir (Şekil 4.98) ve moleküler ağırlıklarına bağlı olarak bir değişim gözlenmemiştir. Partikül fazda en düşük yağmur konsantrasyonu PCB# 205 türüne (0,00018 ng/L) ve en yüksek PCB# 48 ve 49 türlerine (5,5 ng/L) aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük değer PCB# 91 türüne (0,0008 ng/L) ve en yüksek değer PCB# 48 ve 49 türlerine (6,3 ng/L) aittir.

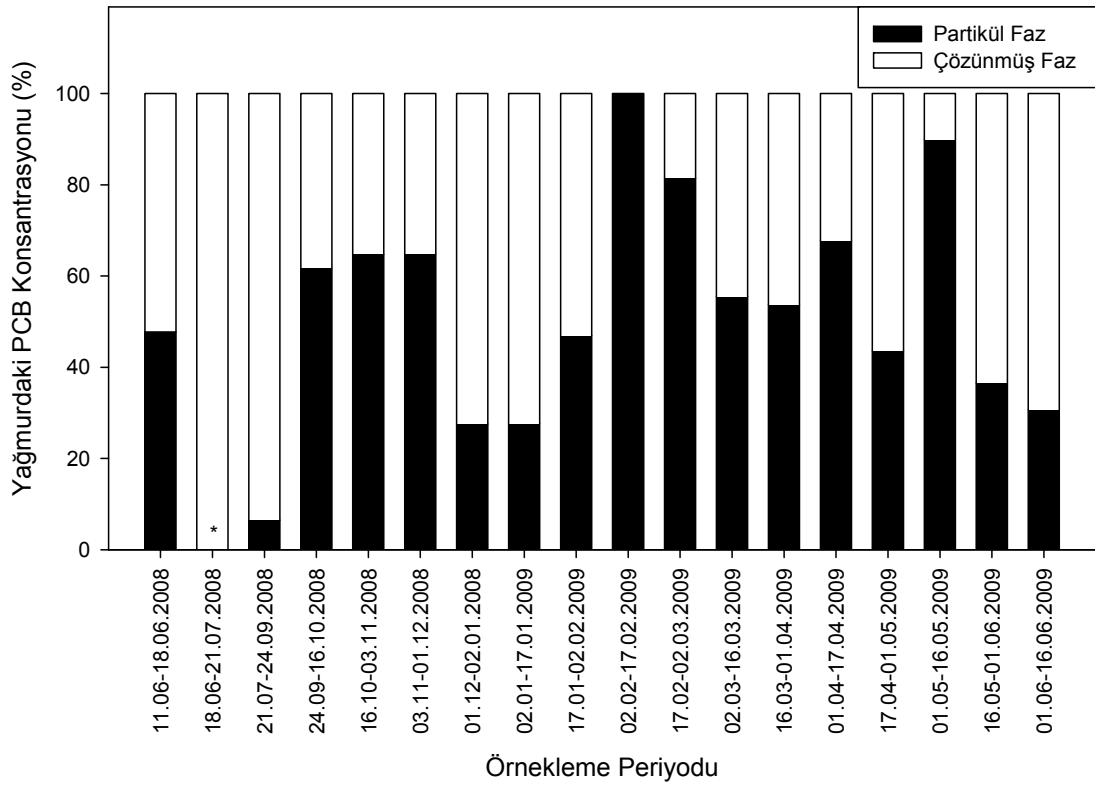
Örnekleme dönemlerinde belirlenen partikül/çözünmüş faz dağılımlarının yüzde değişimleri Şekil 4.99'da verilmiştir. Bu oranlar akıların dönemsel değişiminde olduğu gibi birbirlerinden farklı değerler almıştır ve bu farklılıklara bölgeye ait meteorolojik verilerin değişkenliğinin neden olduğu düşünülmektedir.



■: Çözünmüş fazda tespit edilemeyen PCB türleri

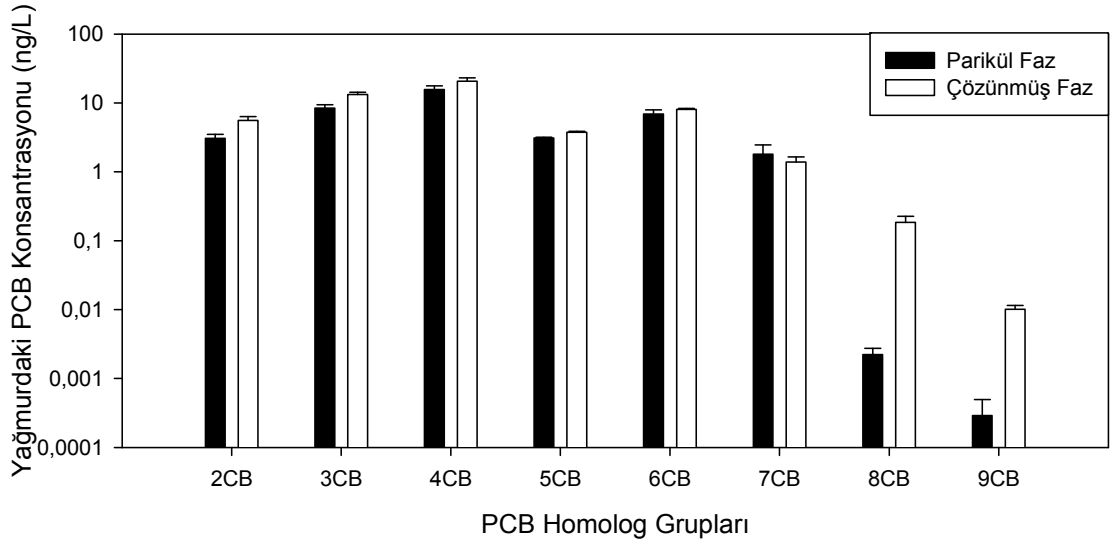
*:Partikül fazda tespit edilemeyen PCB türleri

Şekil 4.98 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Türlere Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

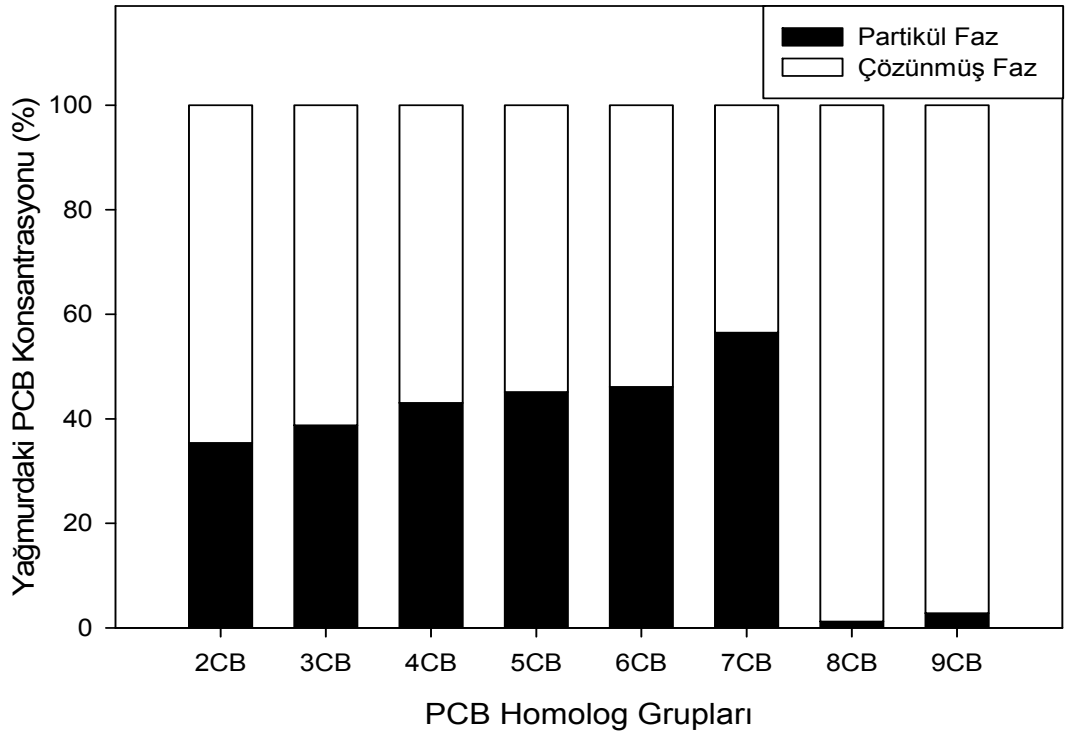


*:Partikül faz örneği bulunmamaktadır.

Şekil 4.99 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Örneklem Periyotlarına Göre yüzde Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



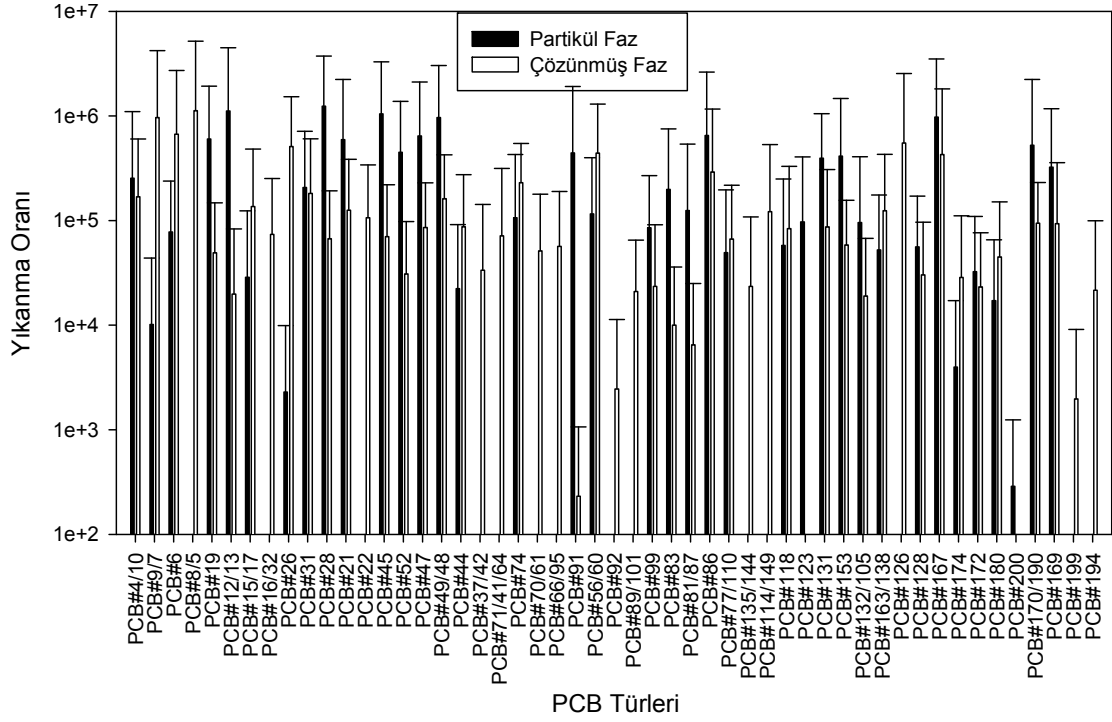
Şekil 4.100 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı



Şekil 4.101 Yavuz Selim Bölgesine ait Yağmurdaki PCB Konsantrasyonlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yağmur konsantrasyonlarının homolog gruplara göre partikül ve çözünmüş faz dağılımları Şekil 4.100'de verilmiştir. Bu dağılımlar ıslak çökeltme akılarına olduğu gibidir. Atmosferik çökeltmede partikül faz oranlarının yüksek olması beklenen 8 ve 9

klorlular ile atmosferik konsantrasyonlarının diğer türlere göre daha düşük olması dolayısıyla yağmur konsantrasyonları da düşük bulunmuştur (Şekil 4.101). 8 ve 9 klorlu türler haricindeki homolog gruplarda ise moleküler ağırlık arttıkça yağmur konsantrasyonlarının da arttığı net bir şekilde görülmektedir.

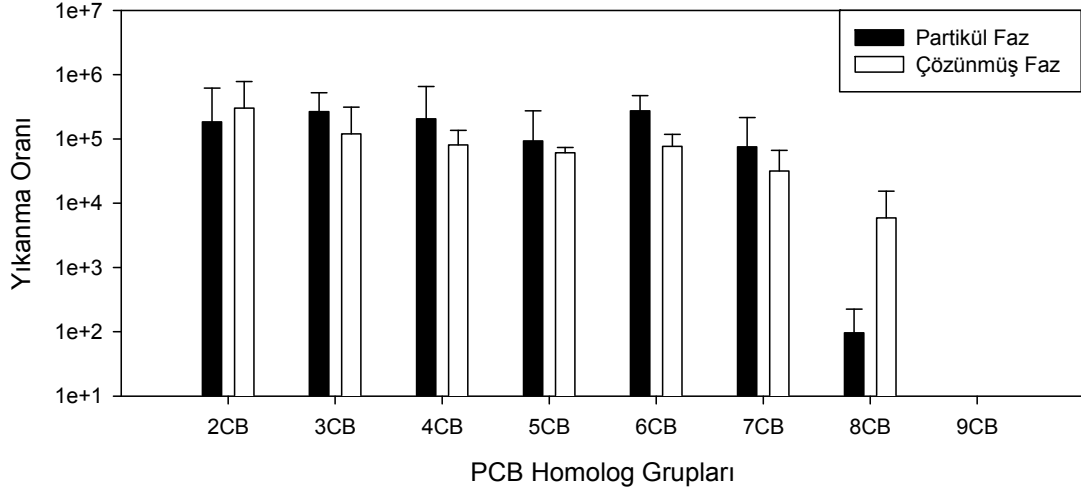


Şekil 4.102 Yavuz Selim Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Türlerle Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

Yıkanma oranlarının yıllık ortalama değerleri her bir tür için belirlenmiş olup çözülmüş faz için 370.000 ± 530.000 ve partikül faz için $970.000 \pm 1.220.000$ değerlerini almıştır. (Şekil 4.102). Yıllık ortalama yıkanma oranları partikül fazda en yüksek PCB 91 türünde ($4.870.000$), en düşük PCB 200 türünde (3.180) görülmüştür. Çözülmüş fazda ise en yüksek ortalama yıkanma oranı PCB 5/8 türleri için ($14.600.000$), en düşük ortalama yıkanma oranı ise PCB 91 türü için (1.503) olarak bulunmuştur. Ayrıca bu sonuç ile PCB 91 türünün çözülmüş fazdan çok partikül fazda bulunma eğiliminde olduğunu göstermiştir.

Yıkanma oranlarının homolog gruplara göre değişimi Şekil 4.103'de verilmiştir. Çözülmüş ve partikül fazda 9 klorlu türler için yıkanma oranlarının bulunamamıştır. Bununla beraber çözülmüş ve partikül faz yıkanma oranlarının genel olarak molekül

ağırlıkları ile rastgele değiştiği belirlenmiştir. Bu durum, yıkanma oranları bulunan tür sayılarının az olması ve bu nedenle buldukları homolog gruptaki gerçek yıkanma oranını tam olarak niteleyememesinden ileri geldiğini düşündürmüştür.



Şekil 4.103 Yavuz Selim Bölgesine ait Yıkanma Oranlarının Homolog Gruplara Göre Partikül/Çözünmüş Faz Dağılımı

4.4.5. IKÇÖ ile belirlenen ıslak çökeltme akılarının ortak değerlendirilmesi

Haziran 2008 - Haziran 2009 tarihleri arasında farklı bölgelerde IKÇÖ ile ıslak çökeltme akılarının belirlenmesi amacıyla örnekler alınmıştır. Alınan örnekler sonucunda ıslak çökeltme akısı en yüksek değerler, ısınma amaçlı olarak doğalgaz kullanımının yaygınlaşmadığı, küçük ölçekli sanayi işletmelerinin ve hurdaların bulunduğu bir bölge olan Yavuz Selim’de görülmüştür. Bu bölgedeki değerlerin diğer bölgedeki değerlere göre yüksek olması alınan 2 örnekteki akıların bu dönemdeki yağış sürelerinin kısa olmasından ileri gelmektedir. Bu bölge haricinde diğer 3 bölgede partikül faz ıslak çökeltme akıları çözünmüş faz ıslak çökeltme akılarından daha yüksek çıkmıştır.

Islak çökeltme akılarının yüksek olduğu ikinci bölge ise Uludağ Üniversitesi’dir. BUTAL ve Mudanya bölgelerinde ise birbirlerine yakın sonuçlar bulunmuştur. BUTAL bölgesinin kentsel bir alan olması dolayısıyla değerlerinin yüksek çıkması normal olarak karşılanırken Mudanya bölgesinde de benzer sonuçların bulunması bir kıyı kenti olması dolayısıyla yadırganmıştır. Ancak kürliliklerin Mudanya’nın etrafında bulunan

sanayi bölgelerinden (Bandırma, Gemlik, Yalova, İstanbul, Tekirdağ ve Bursa merkez) ve Marmara Denizi'nden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Homolog dağılımlarının buldukları fazlara (partikül/çözünmüş faz) ve bölgelere göre değiştiği görülmüştür. Ancak en baskın ıslak çökeltme akısına sahip homolog gruplar 3- ve 4- klorlu homolog gruplardır. Bu grupların baskınlığı atmosferik konsantrasyonlarının daha fazla bulunmasından ileri gelmektedir. Örnekleme bölgelerinde belirlenen PCB türlerinin ve bunlara ait homolog grupların toplam çinde benzer oranlarda bulunduğu göstermiştir.

Yağmurdaki PCB konsantrasyon değerleri çözünmüş fazda en yüksek değerler Mudanya'da ve sonrasında Yavuz Selim bölgesinde görülmüştür. Ayrıca bu bölgede çözünmüş faz yağmur konsantrasyon değerleri partikül faz değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni daha önce de ifade edildiği gibi bu bölgelerdeki PCB'lerin uzak mesafeli taşınmadan ileri gelmesidir. En yüksek partikül faz yağmur konsantrasyonu ise Uludağ Üniversitesi'nde görülmüştür.

Alınan örneklerden belirlenen yıkanma oranları karşılaştırıldığında çözünmüş faz değerlerinin partikül faz değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, yağışlar ile çözünmüş fazdakilerden çok partikül faz kirliliklerin yeryüzüne indiğini ve yağışların yüzeysel sular ve karalar için büyük bir kirlilik kaynağı olduğunu göstermiştir. En yüksek partikül faz yıkanma oranları yağmur konsantrasyonlarında olduğu gibi Uludağ Üniversitesi'nde elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, konsantrasyon örneklerini toplamak için YHHÖ kullanılmış olup gaz ve partikül faz konsantrasyonlar ayrı ayrı belirlenmiştir. Dört bölgede elde edilen konsantrasyon değerleri, PCB'lerin havadaki seviyelerinin bölge özelliklerine, meteorolojik verilere, mevsimlere ve örnekleme zamanına (gece/gündüz) göre değiştiğini göstermiştir. Buna göre Marmara Denizi'nden PCB buharlaşması ve civardaki endüstriyel bölgelerden taşınması olması Mudanya örnekleme bölgesinde en yüksek PCB konsantrasyon değerlerinin elde edilmesine neden olmuştur. Ayrıca yarı-kentsel bir alan olan Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesinde –etrafında bulunan muhtemel PCB kaynaklarından ve Mudanya'dan taşınma dolayısıyla- kentsel alanlardan daha yüksek konsantrasyon değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Bunlara ek olarak Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesinden alınan gece ve gündüz örnekleri sonucunda gündüz örneklerinin gece örneklerinden daha yüksek değerler aldığı görülmüştür.

SYÖ ve IKÇÖ ile toplanan kuru çökeltme örnekleri ile elde edilen kuru çökeltme akı değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu görülmüş olup bu farkın örnekleyicilerin toplama mekanizmalarının farklılığından ileri geldiği belirlenmiştir. SYÖ'nin su yüzeyinde örnekleri toplaması, kısa zamanda sorblayıcı yüzeylere iletmesi ve toplanan PCB'lerin tekrar buharlaşmasına imkan vermemesi dolayısıyla doğada gerçekleşen çökeltme akılarını maksimum seviyede ölçülmesini sağladığı düşünülmektedir. Yani SYÖ'nde PCB'lerin geçişi tek yönlü olup havadan suya şeklindedir. Ancak IKÇÖ'nde sorblayıcı bir yüzeyin bulunmaması ve uzun bekleme süresine bağlı olarak gerçekleşen buharlaşma dolayısıyla elde edilen sonuçların daha düşük seviyelerde çıkmasına neden olmuştur. Ancak örnekleme süresinin azaltılarak örneklemenin yapılması ile olumlu sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir. Kuru çökeltme akılarında en yüksek akı değerleri Uludağ Üniversitesi örnekleme bölgesinde görülmüştür. Bu bölgenin diğer bölgelere oranla daha çok toprak araziye sahip olması ve ormanlık alandan kaynaklanan polenler dolayısıyla kuru çökeltme akı değerlerinin daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

SYÖ ile hesaplanan KTK değerleri beklendiği üzere Vd değerlerinden daha düşüktür yani kuru çökme ile partiküllerin atmosferden uzaklaşması gaz faz PCB'lere göre daha hızlı gerçekleşmektedir. IKÇÖ ile belirlenen Vd değerleri ise SYÖ ile belirlenen değerlere göre daha düşük seviyelerdedir. Bu durum, akı değerlerinde olduğu gibi örnekleyicilerin farklı çökme mekanizmalarının olmasından kaynaklanmıştır.

Bu çalışmanın en önemli basamaklarından biri olan ıslak çökme örneklerinin ve kuru çökme örneklerinin aynı anda toplanmasına imkan veren IKÇÖ'dür. Sürekli olarak örnekleme yapabilmesi IKÇÖ'nin ıslak çökme örneklerinin toplanmasında kullanılan diğer bazı örnekleyicilere göre diğer avantajları şöyle sıralanabilir; yağmur suyunun örnekleyicide beklemesine gerek kalmadan filtre ve reçineye aktararak kirliliğin sorbe olması ve örnekleyici üzerindeki saat sayesinde yağışlı ve yağışsız geçen sürelerin bilinebilmesi ile akıların net bir şekilde belirlenebilmesidir. Örnekleyicinin avantajları kullanılarak belirlenen net akı değerlerinin toplam süre ile hesaplanan (literatürdeki gibi) akı değerlerine dönüştürülmesi sonucunda literatürdeki değerler ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu benzerlik ile yeryüzüne inen kirlilik miktarının hesaplanmasında bu yöntemin (net akı hesabının) daha uygun olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma, alınan olumlu sonuçlar ile birlikte, net yağış sürelerinin kullanılarak ıslak çökme akılarının belirlenmesindeki ilk çalışmalardan biri olmuştur.

SYÖ ile belirlenen kuru çökme akı değerlerinde olduğu gibi ıslak çökme akılarında da en yüksek değerler BUTAL bölgesine aittir. Trafik hareketleri ile taşınan PCB'ler BUTAL'deki ıslak çökme akı değerlerinin de yüksek değerler almasına sebep olmuştur.

Elde edilen yıkanma oranları ıslak çökme ile, kuru çökmede olduğu gibi, partikül faz PCB'lerin çözünmüş fazdaki PCB'lere oranla daha çok çökeldiğine işaret etmektedir. Bu sonuç, gaz faz atmosferik PCB konsantrasyonlarının partikül faz konsantrasyonlarından daha yüksek olmasının açıklaması olarak ifade edilebilir.

Atmosferik PCB'lerin yağmur ile yıkanarak karasal ve sucul sistemlere ulaşması atmosferik giderim mekanizması açısından oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Elde

edilen veriler de bu tezi destekler niteliktedir. Bir yıllık çalışmada elde edilen kuru çökelme akılarının toplam çökelmeye ıslak çökelme akılarından çok daha düşük bir oranda katkıda bulunduğunu ve yağışlarla daha kısa sürelerde daha çok PCB'nin yeryüzüne ulaştığını göstermiştir.

KAYNAKLAR

- ACHMAN, D.R., HORNBuckle, K.C. and EISENREICH, S.J. 1993. Volatilization of Polychlorinated Biphenyls from Green Bay, Lake Michigan. *Environmental Science and Technology*, 27(1), 75-87.
- AGRELL, C., LARSSON, P., OKLA, L. and AGRELL, J. 2002. PCB Congeners in Precipitation, Wash Out Ratios and Depositional Fluxes Within the Baltic Sea Region, Europe. *Atmospheric Environment*, 36, 371–383.
- ANONİM. 1993. The Toxicological Profile for Selected PCBs (Aroclor - 1260, 1254, 1248, 1242, 1232, 1221, and 1016), TP-92/16 Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services.
- BARRIE, L.A., GREGOR, D., HARGRAVE, B., LAKE, R., MUIR, D., SHEARER, R., TRACEY, B. and BIDDLEMAN, T.F. 1992. Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways. *Science of the Total Environment*, 122, 1–74.
- BACKE, C., LARSSON, P. and AGRELL, C. 2002. Spatial and temporal variation of polychlorinated biphenyl (PCB) in precipitation in southern Sweden. *Science of the Total Environment*, 285, 117-132.
- BARRIE, L.A., GREGOR, D., HARGRAVE, B., LAKE, R., MUIR, D., SHEARER, R., TRACEY, B. and BIDDLEMAN, T.F. 1992. Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways. *Science of the Total Environment*, 122, 1–74.
- BITERNA, M. and VOUTSA, D. 2005. Polychlorinated Biphenyls in Ambient Air of NW Greece and Particulate Emissions. *Environment International*, 31, 671-677.
- BLANCHARD, M., TEIL, M.J. and CHEVREUIL, M. 2006. The Seasonal Fate of PCBs in Ambient Air and Atmospheric Deposition in Northern France. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 53, 123–144.
- BOZLAKER, A., ODABASI, M. and MUEZZINOGLU, A. 2008. Dry deposition and Soil–Air Gas Exchange of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in an Industrial Area. *Environmental Pollution*, 156, 784–793.
- BROUWER, A., AHLBORG, U.G., LEEUWEN, F.X.R. and FEELEY, M.M. 1998. Report of the WHO Working Group on the Assessment of Health Risks for Human Infants from Exposure to PCDDs, PCDFs and PCBs. *Chemosphere*, 37(9):12, 1627-1643.
- CARLSON, D.L. and HITES, R.A. 2005. Temperature Dependence of Atmospheric PCB Concentrations. *Environmental Science and Technology*, 39, 740-747.
- CETIN, B., YATKIN, S., BAYRAM, A. and ODABASI, M. 2007. Ambient Concentrations and Source Apportionment of PCBs and Trace Elements Around an Industrial Area in Izmir, Turkey. *Chemosphere*, 69, 1267–1277.
- CİNDORUK, S.S. 2007. Poliklorlu Bifenillerin (PCB'ler) Konsantrasyonlarının, Kuru Çökme ve Hava-Su Arakesit Akıplarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- CİNDORUK, S.S., ESEN, F. and TASDEMİR, Y. 2007. Concentration and Gas/Particle Partitioning of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) at an Industrial Site at Bursa, Turkey. *Atmospheric Research*, 85, 338–350.
- CİNDORUK, S.S. and TASDEMİR, Y. 2007a. The determination of gas phase dry deposition fluxes and mass transfer coefficients (MTCs) of polychlorinated biphenyls (PCBs) using a modified water surface sampler (WSS). *Science of the Total Environment*, 381, 212–221.

- CINDORUK, S.S. and TASDEMİR, Y. 2007b. Characterization of gas/particle concentrations and partitioning of polychlorinated biphenyls (PCBs) measured in an urban site of Turkey. *Environmental Pollution*, 148, 325-333.
- CINDORUK, S.S. and TASDEMİR, Y. 2007c. Deposition of atmospheric particulate PCBs in suburban site of Turkey. *Atmospheric Research*, 85, 300–309.
- CINDORUK, S.S., ESEN F., VARDAR, N. and TASDEMİR, Y. 2008a. Measurement of Atmospheric Deposition of Polychlorinated Biphenyls and Their Dry Deposition Velocities in an Urban/Industrial Site in Turkey. *Journal of Environmental Science and Health*, 43, 11, 1252–1260.
- CİNDORUK, S.S., BİRGÜL, A. and TAŞDEMİR, Y. 2008b. Islak Çökeltmenin Büyük Su Kütleleri Üzerine Olan Etkisi ve Bir Islak Çökeltme Örnekleyicisinin Geliştirilmesi, Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008, DSİ XVII. Bölge Müdürlüğü, Van.
- COK, I., KESKI DONMEZ, M., SATIROGLU, M.H., AYDINURAZ, B., HENKELMANN, B., KOTALIK, J. and SCHRAMM, K.W. 2007. Concentration of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Polychlorinated Dibenzofurans and Dioxin-like PCBs in Human Adipose Tissue from Turkish Men. *Chemosphere*, 66, 1955–1961.
- EIP ASSOCIATES, 1997. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Source Identification. Prepared for the Palo Alto Regional Water Quality Control Plant. Palo Alto, CA.
- ERICKSON, M.D. 1997. Analytical Chemistry of PCBs. Lewis Publishers, CRC press, USA, 667 s.
- FALCONER, R.L. and HARNER, T. 2000. Comparison of the Octanol-Air Partition Coefficient and Liquidphase Vapor Pressure as Descriptors for Particle/Gas Partitioning Using Laboratory and Field Data for PCBs and PCNs. *Atmospheric Environment*, 34, 4043-4046.
- FUOCO, R., GIANNARELLI, S., WEI, Y., CECCARINI, A., ABETE, C., FRANCESCONI, S. and TEMRINE, M. 2009. Persistent Organic Pollutants (POPs) at Ross Sea (Antarctica). *Microchemical Journal*, 92, 44–48.
- FRANZ, T.P., EISENREICH, S.J. and HOLSEN, T.M. 1998. Dry Deposition of Particulate Polychlorinated Biphenyls and Polycyclic Hydrocarbons to Lake Michigan. *Environmental Science and Technology*, 32, 3681-3688.
- GAGA, E. 2004. Investigation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Deposition in Ankara, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- GAMBARO, A., MANODORI, L., MORET, I., CAPODAGLIO, G. and CESCONE, P. 2004. Determination of Polychlorobiphenyls and Polycyclic Hydrocarbons in the Atmospheric Aerosol of the Venice Lagoon. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378, 1806-1814.
- GARCÍA-FLOR, N., DACHS, J., BAYONA, J.M. and ALBAIGÉS, J. 2009. Surface Waters are a Source of Polychlorinated Biphenyls to the Coastal Atmosphere of The North-Western Mediterranean Sea. *Chemosphere*, 7, 1144–1152.
- GEVAO, B., HAMILTON-TAYLOR, J. and JONES, K.C. 1998. Polychlorinated Biphenyl and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Deposition to and Exchange at the Air-Water Interface of Estwaite Water, a Small Lake in Cumbria, UK. *Environmental Pollution*, 102, 63-75.
- GOUIN, T., THOMAS, G.O., COUSINS, I., BARBER, J., MACKAY, D. and JONES, K.C. 2002. Air-Surface Exchange of Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Biphenyls. *Environmental Science and Technology*, 36, 426-434.

- GOUIN, T., HARNER, T., DALY, G.L., WANIA, F., MACKAY, D. and JONES, K.C. 2005. Variability of Concentrations of Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Biphenyls in Air: Implications for Monitoring, Modeling and Control. *Atmospheric Environment*, 39, 151-166.
- GUSTAFSON, K.E. and DICKHUT, R.M. 1997. Gaseous Exchange of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons across the Air-Water Interface of Southern Chesapeake Bay. *Environmental Science and Technology*, 31, 1623-1629.
- HALSALL, C. J., LEE, R.G.M., COLEMAN, P.J., BURNETT, V., JONES, P.H. and JONES, K.C. 1995. PCBs in U.K. Urban Air. *Environmental Science and Technology*, 29, 9, 2368-2376.
- HARRAD, S. ve MAO, H. 2004. Atmospheric PCBs and Organochlorine Pesticides in Birmingham, UK: Concentrations, Sources, Temporal and Seasonal Trends. *Atmospheric Environment*, 38, 1437-1445.
- HOFF, R.M., MUIR, D.C.G. and GRIFT, N.P. 1992. Annual Cycle of Polychlorinated Biphenyls and Organohalogen Pesticides in Air in southern Ontario. 1. Air Concentration Data. *Environmental Science and Technology*, 26, 266-275.
- HSU, Y.K. 1997. Yüksek Lisans Tezi, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, ABD.
- HUNG, H., BLANCHARD, P., HALSALL, C.J., BIDLEMAN, T.F., STERN, G.A., FELLIN, P., MUIR, D.C.G., BARRIE, L.A., JANTUNEN, L.M., HELM, P.A., MA, J. and KONOP, A. 2005. Temporal and Spatial Variabilities of Atmospheric Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Organochlorine (OC) Pesticides and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Canadian Arctic: Results from a Decade of Monitoring. *Science of the Total Environment*, 342, 119-144.
- JEREMIASON, J.D., HORNBUCKLE, K. C. and EISENREICH, S.J., 1994. PCBs in Lake Superior, 1978-1992: decreases in water concentrations reflect loss by volatilization. *Environmental Science and Technology*, 20, 5, 903-914.
- JONES, K.C., SANDERS, G., WILD, S.R., BURNETT, V. and JOHNSTON, A.E. 1992. Evidence for a Decline of PCBs and PAHs in Rural Vegetation and Air in the United Kingdom. *Nature*, 356, 137-139.
- JURADO, E., JAWARD, F.M., LOHMANN, R., JONES, K.C., SIMO, R. and DACHS, J. 2004. Atmospheric Dry Deposition of Persistent Organic Pollutants to the Atlantic and Inferences for the Global Oceans. *Environmental Science and Technology*, 38, 5505-5513.
- KIM, K.S. and MASUNAGA, S. 2005. Behavior and Source Characteristic of PCBs in Urban Ambient Air of Yokohama, Japan. *Environmental Pollution*, 138, 290-298.
- LEE, W.J., SU, C.C., SHEU, H.L., FAN, Y.C., CHAO, H.R. and FANG, G.C. 1996. Monitoring and Modeling of PCB Dry Deposition in Urban Area. *Journal of Hazardous Materials*, 49, 57-88.
- LIM, T.B., XU, R., TAN, B. and OBBARD, J.P. 2006. Persistent Organic Pollutants in Moss as Bioindicators of Atmospheric Pollution in Singapore. *Chemosphere*, 64, 596-602.
- LOHMANN, R., HARNER, T., THOMAS, G.O. and JONES, K.C. 2000. A Comparative Study of the Gas-Particle Partitioning of PCDD/Fs, PCBs, and PAHs. *Environmental Science and Technology*, 34, 4943-4951.
- MANAHAN, S.E. 1991. *Environmental Chemistry*. Lewis Publishers Inc., ABD.

- MANDALAKIS, M. and STAPHANOU, E.G. 2002. Study of Atmospheric PCB Concentrations Over the Eastern Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research*, 107(D23), Art. No. 4716, Dec 13 2002.
- MANDALAKIS, M. and STEPHANOU, E.G. 2004. Wet Deposition of Polychlorinated Biphenyls in the Eastern Mediterranean. *Environmental Science and Technology*, 38, 3011-3018.
- MANODORI, L., GAMBARO, A., MORET, I., CAPODAGLIO, G., CAIRNS, W.R.L. and CESCO, P. 2006. Seasonal Evolution of Gas-Phase PCB Concentrations in the Venice Lagoon Area. *Chemosphere*, 62, 449-458.
- MANODORI, L., GAMBARO, A., MORET, I., CAPODAGLIO, G. and CESCO, P. 2007. Air-Sea Gaseous Exchange of PCB at the Venice lagoon (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1634-1644.
- MCCONNELL, L.L., BIDLAMAN, T.F., COTHAM, W.E. and WALLA, M.D. 1998. Air Concentrations of Organochlorine Insecticides and Polychlorinated Biphenyls Over Green Bay, WI, and the Four Lower Great Lakes. *Environmental Pollution*, 101, 391-399.
- MEIJER, S.N., GRIMALT, J.O., FERNANDEZ, P. and DACHS, J. 2009. Seasonal Fluxes and Temperature-Dependent Accumulation of Persistent Organic Pollutants in Lakes: The Role of Internal Biogeochemical Cycling. *Environmental Pollution*, 157, 1815-1822.
- MENICHINI, E., IACOVELLA, N., MONFREDINI, F. and TURRIO-BALDASSARRI, L. 2007. Atmospheric Pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs Simultaneously Collected at a Regional Background Site in Central Italy and at an Urban Site in Rome. *Chemosphere*, 69, 422-434.
- MILLER, S.M., GREEN, M.L., DEPINTO, J.V. and HORNBUCKLE, K.C. 2001. Results From The Lake Michigan Mass Balance Study: Concentrations and Fluxes of Atmospheric Polychlorinated Biphenyls and Trans-Nonachlor. *Environmental Science and Technology*, 35, 278-285.
- MULLIN, M.D., POCHINI, C.M., MCCRINDLE, S., ROMKES, M., SAFE, S. and SAFE, L.M. 1984. High-Resolution PCB Analysis: Synthesis and Chromatographic Properties of All 209 PCB Congeners. *Environmental Science and Technology*, 18, 6: 468-476.
- OZCAN, S. and AYDIN, M.E. 2009. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in Urban air of Konya, Turkey. *Atmospheric Research*, 93, 715-722.
- PANKOW, J.F. 1994. An Absorption Model of Gas/Particle Partitioning of Organic Compounds in the Atmosphere. *Atmospheric Environment*, 28, 185-188.
- PARK, J.S., WADE, T.L. and SWEET, S. 2001. Atmospheric Deposition of Organochlorine Contaminants to Galveston Bay, Texas. *Atmospheric Environment*, 35: 3315-3324.
- PARK, J.S., WADE, T.L. and SWEET, S.T. 2002. Atmospheric Deposition of PAHs, PCBs, and Organochlorine Pesticides to Corpus Christi Bay, Texas. *Atmospheric Environment*, 36, 1707-1720.
- SAWYER, C.N., MCCARTY, P.L. and PARKIN, G.F., 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc.
- SHEN, L., WANIA, F., LEI, Y.D., TEIXEIRA, C., MUIR, D.C.G. and XIAO, H. 2006. Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl Ethers in the North American Atmosphere. *Environmental Pollution*, 144, 434-444.

- SIMCIK, M.F., HOFF, R.M., STRACHAN, W.M.J., SWEET, C.W., BASU, I. and HITES, R.A. 2000. Temporal Trends of Semivolatile Organic Contaminants in Great Lakes Precipitation. *Environmental Science and Technology*, 34, 361-367.
- SUN, P., BASU, I. and HITES, R.A. 2006. Temporal Trends of Polychlorinated Biphenyls in Precipitation and Air at Chicago. *Environmental Science and Technology*, 40, 1178-1183.
- TASDEMIR, Y. 1997. Modification and Evaluation of Water Surface Sampler to Investigate the Dry Deposition and Air-Water Exchange of Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Doktora Tezi, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, ABD.
- TASDEMIR, Y., VARDAR, N., ODABASI, M. and HOLSEN, T.M. 2004. Concentrations and Gas/Particle Partitioning of PCBs in Chicago. *Environmental Pollution*, 131, 35-44.
- TASDEMIR, Y. and HOLSEN, T.M. 2005. Measurement of Particle Phase Dry Deposition Fluxes of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) with a Water Surface Sampler. *Atmospheric Environment*, 39: 1845-1854.
- TASDEMIR, Y., ODABASI, M. and HOLSEN, T.M. 2005. Measurement of Vapor Phase Deposition of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Using a Water Surface Sampler. *Atmospheric Environment*, 39: 885-897.
- TASDEMIR, Y. and ESEN, F. 2007. Dry Deposition Fluxes and Deposition Velocities of PAHs at an Urban Site in Turkey. *Atmospheric Environment*, 41, 1 288–1 301.
- TASDEMIR, Y., ODABASI, M. and HOLSEN, T.M. 2007. PCB Mass Transfer Coefficients Determined by Application of a Water Surface Sampler. *Chemosphere*, 66: 1 554-1 560.
- TER SCHURE, A.F.H., LARSSON, P., AGRELL, C. and BOON, J.P. 2004. Atmospheric Transport of Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Biphenyls to the Baltic Sea. *Environmental Science and Technology*, 38, 5, 1282-1287.
- TOTTEN, L.A., STENCHIKOV, G., GIGLIOTTI, C.L., LAHOTI, N. and EISENREICH, S.J. 2006. Measurement and Modeling of Urban Atmospheric PCB Concentrations on a Small (8 km) Spatial Scale. *Atmospheric Environment*, 40, 7 940–7 952.
- VAN DROOGE, B.L., GRIMALT, J.O., TORRES-GARCÍA, C.J. and CUEVAS, E. 2001. Deposition of Semi-volatile Organochlorine Compounds in the Free Troposphere of the Eastern North Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (8), 628-634.
- VAN RY, D.A., GIGLIOTTI, C.L., GLENN, T.R., NELSON, E.D., TOTTEN, L.A. and EISENREICH, S.J. 2002. Wet Deposition of Polychlorinated Biphenyls in Urban and Background Areas of the Mid-Atlantic States. *Environmental Science and Technology*, 36 (15), 3 201-3 209.
- VARDAR, N., ODABASI, M. and HOLSEN, T.M. 2002. Particulate Dry Deposition and Overall Deposition Velocities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Journal of Environmental Engineering-ASCE*, 128, 3, 269-274.
- WANIA, F. and MACKAY, D. 1993. Global Fractionation and Cold Condensation of Low Volatility Organochlorine Compounds in Polar Regions. *Ambio*, 22, 10-18.
- WANIA, F. and MACKAY, D. 1996. Tracking the Distribution of Persistent Organic Pollutants. *Environmental Science and Technology*, 30, 390A-396A.
- YEO, H.G., CHOI, M., CHUN, M.Y. and SUNWOO, Y. 2003. Gas/Particle Concentrations and Partitioning of PCBs in the Atmosphere of Korea. *Atmospheric Environment*, 37, 3 561-3 570.

YEO, H.G., CHOI, M., CHUN, M.Y., KIM, T.W., CHO, K.C. and SUNWOO, Y. 2004. Concentration Characteristics of Atmospheric PCBs for Urban and Rural Area, Korea. *Science of the Total Environment*, 324, 261-270.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında tecrübe, bilgi ve hoşgörüsüyle öncülük eden saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR'e, ve sonradan danışmalığı alan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU'na, bilgisini ve sabrını eksik etmeyen hocalarım Yrd. Doç. Dr. S. Sıddık CİNDORUK ve Öğr. Gör. Dr. Fatma ESEN'e, örnekleme ve laboratuvar analizlerinde birlikte çalıştığımız ve birbirimizi teşvik ettiğimiz Araş. Gör. Aşkın BİRGÜL'e, her zaman yanımda olan ve beni moral olarak üst düzeyde tutan sevgili kardeşlerim Fulya AKSOY, M. Uğur GÜNİNDİ ve Sena KUZU'ya, eşim Mesut KANDEMİR'e, bilimsel kariyer edinmem için beni sürekli destekleyen annem Saide, babam Sedat GÜNİNDİ'ye ve kendilerine vakit ayıramasam da beni unutmayan sevgili arkadaşlarım Tülay MORSÜNBÜL ve Özge SİVRİOĞLU'na sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, örnekleme sırasında ve laboratuvarında yardımlarını esirgemeyen Aslan KARADEMİR, Didem YOLSAL, Ruken OĞULMUŞ'e ve ismini hatırlayamadığım ve yardımı olan herkese sevgi ve saygılarımı sunar teşekkür ederim.

Bu çalışmanın maddi desteğini sağlayan TÜBİTAK'a (Proje No: 107Y165) teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

21 Kasım 1984 yılında Afyonkarahisar'da doğmuştur. İlkokula Afyon Şeker İlköğretim okulunda, ortaokula ise Çorum Anadolu Lisesi'nde başlayarak tayin sebebiyle Yozgat Anadolu Lisesi ve Sorgun Anadolu Lisesi'nde okuyarak tamamlamıştır. Liseyi Sorgun Anadolu Lisesi ve Alparslan Lisesi (Yabancı dil ağırlıklı)'nde okuyarak 2002 yılında mezun olmuştur. Aynı sene üniversite sınavını kazanarak Uludağ Üniversitesi'nde 1 yıl İngilizce hazırlık sınıfı ve 4 yıl Çevre Mühendisliği bölümü olmak üzere 5 yılda bitirerek 2007 yılında mezun olmuştur. Lisans bitirme tez konusu; Sanayi Atıksularından Ağır Metallerin Geri Kazanılması; TOFAŞ Örneği'dir. 2007 yılında Uludağ Üniversitesi'ne başvurarak yüksek lisans öğrenimime başlamıştır. Yüksek lisans tez konusu Atmosferik Poliklorlu Bifenillerin Islak ve Kuru Çökeltme Miktarlarının Belirlenmesi olup TUBİTAK tarafından desteklenmektedir. Ayrıca bu çalışma verileri ile yazdığı sempozyum ve uluslararası makaleleri bulunmaktadır. 2010 yılında evlenerek Bilecik'e yerleşmiştir.

Yayımları (SCI ve diğer)

- Manolya Günindi and Yücel Tasdemir, 2010, Wet and Dry Deposition Fluxes of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in an Urban Area of Turkey. Water, Air, & Soil Pollution, published online June 04, 2010.
- Manolya Günindi and Yücel Tasdemir, 2010, Atmospheric Polychlorinated Biphenyl (PCB) Inputs to a Coastal City Near the Marmara Sea. Marine Pollution Bulletin, available online September 15, 2010.
- Esen F., Günindi, M. Aydın, M.E., Özcan, S., Cindoruk, S.S. ve Taşdemir, Y., 30-31 Mayıs 2008. Bursa Atmosferi'ndeki Organoklorlu Pestisitlerin Konsantrasyonları. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, Konya.
- Birgül, A., Günindi, M., Cindoruk, S.S. ve Taşdemir, Y., 6-7 Mart 2009. Bursa Atmosferindeki Çokklorlu Bifenillerin (PCB'ler) Islak Çökeltme Seviyelerinin Belirlenmesi. Bursa Kentine Çözümler 2009 Sempozyumu, TMMOB Bursa İl Koordinasyon Kurulu.
- Günindi, M., Birgül, A., Cindoruk, S.S. ve Taşdemir, Y., 6-7 Mart 2009. Bursa Atmosferindeki Çokklorlu Bifenillerin (PCB'ler) Konsantrasyon Dağılımları. Bursa Kentine Çözümler 2009 Sempozyumu, Tmmob Bursa İl Koordinasyon Kurulu.
- Cindoruk, S.S., Birgül, A., Günindi, M., ve Taşdemir, Y., 16-18 Haziran 2010. Bursa Atmosferindeki Çokklorlu Bifenillerin (PCB) Konsantrasyon Seviyelerinin Araştırılması. İ.T.Ü. 12. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, İstanbul.
- Günindi, M., ve Taşdemir, Y., 25-27 Ekim 2010. Bursa Atmosferindeki Poliklorlu Bifenillerin Islak ve Kuru Çökeltme Akılarının Mevsimsel Değişimi. IV. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu ODTU, Ankara.